Massen-Destillation von Wasser

insbesondere

zur Erzeugung von Trinkwasser und

Lokomotiv-Speisewasser

von

Ludwig Bothas

Regierungs-Baumeister a. D., St. Petersburg.

LIBRARY
UNIV. OF ILL.
URBANA

Mit 8 Abbildungen.

Berlin.

Verlag von Julius Springer.

1908.

61335
B65
REMOTE STORAGE

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen vorbehalten.

Druck von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Vorwort.

Die Destillation von Wasser ist nur in Apparaten kleiner Leistung weit verbreitet, während die Massendestillation von Wasser durch große leistungsfähige Anlagen noch nicht die verdiente Beachtung gefunden hat. Die vielen in der Literatur zerstreuten und zusammenhanglosen Angaben betreffen nur den Bau einzelner Destillierapparate und sind nicht geeignet, ein richtiges zusammenhängendes Bild über den heutigen Stand der Wasserdestillation zu geben.

Die besten Veröffentlichungen über Zweck und Ziele der Massendestillation von Wasser sind zweifelsohne in den letzten Jahren in russischer Sprache erfolgt und infolgedessen leider in Westeuropa unbeachtet geblieben.

Die vorliegende Schrift beabsichtigt, die in Rußland erzielten Resultate weiteren Kreisen zugänglich zu machen und gleichzeitig die Anregung zu geben, daß auf diesem noch sehr entwicklungsfähigen Gebiete auch von anderen Seiten recht viele praktische Erfahrungen veröffentlicht werden.

St. Petersburg, im Dezember 1907.

Der Verfasser.

Chemistry 28108 Stechert 40

121346

Inhaltsverzeichnis.

Seite

I. Die verschiedenen Arten der Wasserreinigung 5
1. Filtration 5
2. Sterilisation 5
3. Chemische Reinigung 6
4. Destillation 6
5. Die Verwendung des destillierten Wassers 6
II. Bau und Betrieb von Wasser-Destillieranlagen 9
1. Allgemeines 9
2. Die Wirkungsweise der Wasser-Destillierapparate 10
3. Konstruktionseinzelheiten des russischen Systems Jagn-Koppel 13
4. Betrieb und Betriebsresultate russischer Apparate 20
5. Aufzählung ausgeführter Wasser- und Destillieranlagen Jagn-Koppel 25
6. Bau und Betrieb eines englischen Wasser-Destillierapparates 25
III. Rentabilität der Verwendung destillierten Wassers im Eisenbahnbetriebe 29
1. Allgemeines 29
2. Bau- und Betriebskosten von Wasser-Destillieranlagen . . . 30
3. Wasserverbrauch der Lokomotiven 31
4. Kosten der Lokomotivspeisung mit destilliertem Wasser . . 32
5. Ersparnis durch vermindertes Auswaschen der Lokomotiven 32
6. Ersparnis an kleineren Ausbesserungen der Lokomotiven . . 33
7. Ersparnis an großen Ausbesserungen der Lokomotiven . . . 34
8. Ersparnis an Brennmaterial 35
9. Ersparnis durch Verminderung der Anzahl der Lokomotiven usw. 36
10. Vergrößerung der Zugkraft der Lokomotiven 37
11. Tabellarische Zusammenstellung der Vorteile beim Speisen der Lokomotiven mit destilliertem Wasser 38
12. Beispiel 39
13. Schlußbemerkung 42
14. Aufzählung in Rußland ausgeführter großer Destillieranlagen für Eisenbahnzwecke 43
IV. Die Trinkwasser-Destillieranlagen von Baku 46
1. Verschiedene Möglichkeiten der Wasserbeschaffung 46
2. Höhe des Wasserverbrauches 48
3. Güte des destillierten Wassers 49
4. Beschreibung der Anlage 49
V. Anhang 51
Literatur über Destillieranlagen 51
Abbildungen ausgeführter Anlagen 55
Tabelle ausgeführter Anlagen.

I. Die verschiedenen Arten der Wasserreinigung.

Der Zweck aller Wasserreinigungs-Anlagen besteht darin, unbrauchbares Wasser (kurz „Rohwasser" genannt), welches durch mechanische und chemische Beimengungen verunreinigt oder auch infolge Anwesenheit gewisser Bakterien gesundheitsschädlich ist, in brauchbares Wasser (kurz „Reinwasser" genannt) zu verwandeln, also für gewerbliche Zwecke oder als Trinkwasser oder auch für beide gleichzeitig brauchbar zu machen.

Die zweckmäßigste Art der Wasserreinigung in jedem Falle hängt ab von der Zusammensetzung des Rohwassers und der beabsichtigten Verwendung des Reinwassers.

Die Wasserreinigungs-Anlagen werden eingeteilt in folgende Arten, welche jede für sich oder auch gleichzeitig angewendet werden können:

1. Filtration. Mit Hilfe von guten Filtern werden nur die dem Rohwasser mechanisch beigemengten Teile gänzlich entfernt, dagegen die Bakterien weniger gut, während die chemisch gelösten Bestandteile gänzlich im Reinwasser verbleiben. Filter sind daher nur dort gut verwendbar, wo die Härte und der Salzgehalt des Rohwassers für den Verwendungszweck des Reinwassers nicht störend sind.

2. Sterilisation. Durch Erhitzung oder auch Ozonisierung des Rohwassers werden die Bakterien getötet. Dieses Verfahren, Sterilisation genannt, wird fast ausschließlich zur Erzeugung von Trinkwasser verwendet, weil nur das Vernichten der Bakterien auf diese Weise zweckmäßig erreicht wird, während andere schädliche Bestandteile des Wassers in größerer Menge entweder nicht entfernt werden können oder billiger auf andere Weise zu entfernen sind.

3. Chemische Reinigung. Die Ausfällung der chemisch im Rohwasser gelösten Bestandteile, wie Kalk, Magnesia usw. durch Zusatz anderer Chemikalien und nachfolgender Klärung des Wassers durch Filtration wird nur für gewerbliche Zwecke angewendet, insbesondere zur Verhütung von Kesselsteinbildung. Zur Herstellung von Trinkwasser ist dieses Verfahren im allgemeinen ungeeignet, mit Ausnahme der Enteisenung von Wasser. Rohwasser, welches nur infolge Eisengehaltes unverwendbar ist, wird in bekannter Weise durch Lüftung und nachfolgende Filtration in brauchbares Reinwasser verwandelt. Der Gehalt des Rohwassers an Kochsalz kann auf chemischem Wege praktisch nicht entfernt werden.

4. Destillation. Im Regenwasser, welches in industriearmen Gegenden niederfällt, also in der Luft schädliche Bestandteile nicht aufnimmt, erzeugt die Natur reines, destilliertes Wasser, jedoch sollen die Anlagen zum Sammeln solchen Naturwassers hier nicht berücksichtigt werden.

Bei künstlichen Destillieranlagen wird das Rohwasser verdampft und der entstandene Wasserdampf wieder als Wasser niedergeschlagen. Dieses Niederschlagwasser ist ein nahezu von allen mechanischen und chemischen Beimengungen freies, auch absolut steriles Reinwasser, welches gewöhnlich chemisch reines destilliertes Wasser genannt wird. Die Destillation des Rohwassers wird nicht allein dort angewendet, wo der Endzweck die Erzielung chemisch reinen Wassers ist, sondern auch dort, wo die unter 1—3 genannten Verfahren versagen oder das auf solche Weise erzeugte Reinwasser zu teuer wird. Insbesondere ist außergewöhnlich hartes und salziges Wasser, also auch Meerwasser, nur durch Destillation in Reinwasser zu verwandeln; daher sind die ersten größeren Destillieranlagen fast ausschließlich zur Destillation von Meerwasser erbaut worden.

5. Die Verwendung des destillierten Wassers. Es ist ohne weiteres einleuchtend, daß chemisch reines Wasser für die meisten Verwendungszwecke irgendwelchem verunreinigten Wasser vorzuziehen ist; wenn daher Wasser-Destillieranlagen noch nicht ganz allgemein verwendet werden, so lag dieses bisher nur an den verhältnismäßig hohen Anlage- und Betriebskosten. Trotzdem haben sich Wasser-Destillieranlagen bereits

dauernd in der Schiffahrt und in manchen Zweigen der Industrie eingebürgert. Es würde den Rahmen der vorliegenden Abhandlung zu sehr erweitern, wenn alle überhaupt möglichen Verwendungsarten des destillierten Wassers besprochen werden sollten, daher sollen nur die größten und technisch vollkommensten Anlagen, welche in den letzten Jahren in Rußland, speziell zur Erzeugung von Trinkwasser und Lokomotiv-Speisewasser, gebaut sind, besprochen werden.

a) Trinkwasser. Die Natur erzeugt im Quellwasser das im Geschmack vorzüglichste und im Preise billigste Trinkwasser, welches durch kein künstliches Erzeugnis übertroffen werden kann. Die Verwendung von destilliertem Wasser als Trinkwasser ist daher immer nur ein Notbehelf und wird niemals dort angewendet, wo nur ein einigermaßen brauchbares Naturwasser aufzutreiben ist. Es gibt aber Gegenden auf unserer Erde, wo atmosphärische Niederschläge selten und Süßwasser weder oberflächlich noch durch Bohrungen zu erreichen ist; an solchen Stellen wird eine Wasser-Destillieranlage zur Notwendigkeit, vorausgesetzt, daß überhaupt irgend ein Rohwasser vorhanden ist und die Gegend bewohnbar gemacht werden muß. Die Städte Baku und Krasnowodsk am Kaspischen Meere liegen in einer solchen Gegend, und da die Bewohner fast ausschließlich künstliches, destilliertes Wasser trinken, sollen die Verhältnisse dieser beiden Städte im Folgenden noch speziell behandelt werden.

Wie oben bereits gesagt, ist das destillierte Wasser nicht so schmackhaft wie Brunnenwasser, aber es hat doch auch viele gute Eigenschaften, wie ersichtlich aus der Zeitschrift für diätetische und physikalische Therapie, 8. Band, 10. Heft, vom 1. Januar 1905, aus dem Vortrage des Sanitätsrat Dr. Axel Winckler. Verfasser weist an vielen Beispielen nach, wie töricht das vielfach vorhandene Vorurteil gegen die Verwendung destillierten Wassers ist.

b) Lokomotiv-Speisewasser. Die Schädlichkeit des Kesselsteinansatzes in Dampfkesseln mit Bezug auf Brennmaterialverbrauch und Reparaturbedürftigkeit ist allgemein bekannt. Die Speisung der Kessel mit destilliertem Wasser (welches bei Dampfmaschinen mit Oberflächen-Kondensation nebenbei gewonnen wird) ist daher bereits viel verbreitet, insbesondere für

Schiffs- und feststehende Röhrenkessel. Neu dagegen ist die Speisung von Lokomotiven in großem Maßstabe mit destilliertem Wasser, wobei Rußland auf diesem Gebiete bahnbrechend vorgegangen ist. Die Ergebnisse der theoretischen und praktischen Forschungen haben das Versuchsstadium längst überschritten und sollen daher die Bestrebungen zur Speisung der Lokomotiven mit destilliertem Wasser mit besonderer Berücksichtigung der russischen Verhältnisse hier weiter erläutert werden.

II. Bau und Betrieb von Wasser-Destillieranlagen.

1. Allgemeines. Als bekannt müssen vorausgesetzt werden die einfachsten Grundlehren der Wärmetheorie und der Chemie; es genügt daher, wenn hier nochmals folgende kurze Angaben gemacht werden:

a) Wärmeeinheit: Eine Wärmeeinheit (W.E.) ist diejenige Wärme, welche benötigt wird, um die Temperatur von 1 kg Wasser von 0^0 auf 1^0 C zu erhöhen. Wasser von 100^0 C enthält demnach 100 W.E.

Wenn 1 kg Wasser unter gewöhnlichem Atmosphärendruck, also bei 100^0 C, verdampft, so werden beim Übergang von dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand 537 W.E. gebunden.

1 kg Dampf von 100^0 C enthält also $100 + 537 = 637$ W.E.

Bei Verdichtung dieses Dampfes zu Wasser von 100^0 C wird die latente Wärme von 537 W.E. wieder frei.

Bei vollständiger Verbrennung entwickelt im Mittel

1 kg	Holz	ungefähr	2820 W.E.
1 „	Torf (lufttrocken)	„	3550 „
1 „	Braunkohle	„	4500 „
1 „	beste Steinkohle	„	7500 „
1 „	Masut	„	10500 „

b) Härtegrade des Wassers. Die Stärke der Verunreinigung des Wassers wird nach Härtegraden gemessen, und zwar ist:

1 Teil	CaO	in 100000	Teilen	Wasser	= 1 deutscher Härtegrad
1 „	$CaCO_3$	„ 100000	„	„	= 1 französischer „
1 „	$CaCO_3$	„ 70000	„	„	= 1 englischer „

Hiernach ist:

1	deutscher	= 1,25	englischer	= 1,79	französischer	Härtegrad
0,8	„	= 1,0	„	= 1,43	„	„
0,56	„	= 0,7	„	= 1,0	„	„

c) Umrechnung russischer Werte auf metrisches System. Wie bereits im Vorwort begründet, mußte in der vorliegenden Abhandlung besonders auf russische Verhältnisse Rücksicht genommen werden. Durch russische Maße und Gewichtsangaben allein würde aber das Verständnis für andere Verhältnisse erschwert und sind daher tunlichst überall metrische Angaben neben den russischen Angaben aufgeführt, wobei die nachstehend verzeichneten genauen Umrechnungswerte abgerundet wurden:

Längenmaße:	1 Werst	= 500 Faden	= 1,067 km
	1 Faden	= 7 Fuß	= 2,134 m
	1 Fuß	= 12 Zoll	= 0,3048 m
Raummaße:	1 Kubikfaden	= 343 Kubikfuß	= 9,7123 cbm
	1 Kubikfaden	= 789,6 Eimer	= 9712,3 l
	1 Kubikfuß	= 2,302 Eimer	= 28,3168 l
	1 Eimer	= 12,3 Liter	
	1000 Liter	= 81,3 Eimer	
Gewichte:	1 Pfund russisch	= 0,4095 kg	
	1 Pud = 40 Pfund	= 16,3805 kg	
	1 Tonne	= 61,048 Pud	
	1 Kilogramm	= 0,061 „	
Geldwert:	1 Rubel	= 100 Kopeken	= 2,16 Mark
	1 Kopeke		= 2,16 Pfennig.

2. Die Wirkungsweise der Wasser-Destillierapparate. Die Wasser-Destillieranlagen trennt man dem Prinzip nach in solche mit einfacher und mehrfacher Verdampfung.

Bei der einfachen Verdampfung wird das zu destillierende Rohwasser verdampft und direkt im Kondensator niedergeschlagen. Die zur Verdampfung des Wassers aufgewandte Wärme (latente Wärme) wird bei der Niederschlagung des Dampfes wieder frei und geht nutzlos im Kühlwasser verloren. Die latente Wärme wird dagegen nutzbar gemacht bei mehrfacher Verdampfung.

Bei mehrfacher Verdampfung wird der Frischdampf des Kessels in ein Dampffaß geleitet, in welchem sich eine von Rohwasser umspülte Kondensbatterie befindet. Dampffaß und Batterie bilden zusammen ein Destillierelement. Der Frischdampf kondensiert fortgesetzt innerhalb der Batterie, gibt seine latente Wärme an das umspülende Rohwasser ab und erzeugt schließlich aus dem Rohwasser eine gewisse Menge neuen Dampfes geringerer Spannung und Temperatur, welche in das zweite Destillierelement gesandt wird, worauf sich in diesem und den folgenden Elementen derselbe Vorgang wiederholt.

Ein ganz roher zahlenmäßiger Vergleich zwischen einfacher und mehrfacher Verdampfung läßt sich wie folgt aufstellen:

Ein Kilogramm Wasser von 0° C benötigt zur Erwärmung bis auf 100° C nur 100 Wärmeeinheiten, während beim Übergehen in Dampf von 100° noch weitere 537 W.E. gebunden werden. Diese 537 W.E. stellen die latente Wärme des Dampfes dar, welche beim Kondensieren des Dampfes wieder frei und vom Kühlwasser aufgenommen werden. Rein theoretisch, ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste, könnte bei einfacher Verdampfung 1 kg Kohle von 7500 W.E. aus Wasser von 0° C 7500 : 637 = 11,8 kg Destillat von 100° C erzeugen. Praktisch dagegen kann pro Kilogramm Brennmaterial nicht mehr Destillat gewonnen werden als 1 kg des betreffenden Brennmaterials im Kessel Wasser verdampft, d. i. bei Heizung mit Kohle kaum 8—9 kg.

Unter Annahme der vollständigen Nutzbarmachung der latenten Wärme des Dampfes, also bei vielfacher Verdampfung, jedoch ohne Berücksichtigung der Wärmeverluste, könnte dagegen 1 kg Kohle aus Wasser von 0° C theoretisch 7500:100 = 75 kg Destillat von 100° C erzeugen. Praktisch sogar unter Ausnutzung der Flüssigkeitswärme des Destillates, sind bis jetzt noch nicht mehr als 50 kg Destillat für 1 kg Kohle im Dauerbetriebe erzielt worden.

Die einfache Verdampfung des Rohwassers im Dampfkessel und nachfolgende Verdichtung des Dampfes zu destilliertem Wasser unter Aufwand einer großen Menge Kühlwasser und unter Verzicht auf die Nutzbarmachung der latenten Wärme des Dampfes wird mit Vorteil nur dort angewendet, wo der Frischdampf aus dem Kessel zunächst in einer Dampf-

maschine oder irgendwie andere nutzbare Arbeit geleistet hat und der Abdampf als Nebenprodukt zu Destillat verarbeitet wird.

Mehrfache Verdampfung muß überall dort zur Anwendung kommen, wo es sich um große, rationell arbeitende Anlagen handelt, deren Hauptzweck die Erzeugung destillierten Wassers ist.

Sowohl bei einfacher als auch bei mehrfacher Verdampfung kann das Verdampfen und die Verdichtung des Wasserdampfes (Kondensation) vorgenommen werden:

a) nur unter Überdruck, also bei einer Temperatur von 100° C und höher, wobei das Destillat ungehindert frei ausfließen kann. Dieses Verfahren, und zwar für mehrfache Verdampfung, soll in der vorliegenden Abhandlung besonders eingehend besprochen werden, weil dasselbe neuerdings in Rußland die älteren Verfahren zur Erzeugung destillierten Wassers überflügelt hat. Dieses Verfahren soll als russisches System bezeichnet werden;

b) nur in der Luftverdünnung (Vakuum), also bei einer Temperatur unter 100° C, wobei das Destillat durch Pumpen abgesaugt werden muß. Dieses Verfahren wird für die Erzeugung von destilliertem Wasser so wenig angewendet, daß ein näheres Eingehen darauf sich erübrigt;

c) teilweise unter Überdruck und teilweise in der Luftverdünnung. Dieses Verfahren ist insbesondere von englischen Firmen bisher fast ausschließlich bei dem Bau größerer Wasser-Destillieranlagen angewendet und soll daher als englisches System bezeichnet werden.

Nach dieser allgemeinen Erklärung sollen die Vorzüge und Nachteile der zur Besprechung übrigbleibenden beiden, unter a und c näher bezeichneten Verfahren weiter erläutert werden.

Es ist schwer und ziemlich zwecklos, theoretisch die Vorteile der verschiedenen Systeme gegeneinander nachzuweisen, weil auch beispielsweise der Kampf zwischen Kolbendampfmaschine und Dampfturbine nicht durch die Theorie entschieden worden ist. Es müssen zunächst auf dem verhältnismäßig neuen Gebiete der Wasserdestillation recht viele praktische Resultate veröffentlicht und damit einwandsfreie Vergleichsziffern geschaffen werden, wozu hoffentlich diese Abhandlung die Anregung gibt.

Zum besseren Verständnis des Nachfolgenden sei hier noch vorausgeschickt, daß bei mehrfacher Verdampfung die Vereinigung der einzelnen Destillierelemente mit Kessel- und Pumpanlage Destillierapparat genannt werden soll. Destillierapparate werden aus praktischen Gründen nur für eine Höchstleistung von ca. 400 cbm in unterbrochenem Tag- und Nachtbetriebe gebaut. Ist die erforderliche Leistung größer, so werden zu einer Destillieranlage mehrere solcher Apparate vereinigt. Die größte Anlage der Welt in Baku, welche weiter unten näher beschrieben wird, besteht beispielsweise aus fünf Apparaten von neunfacher Verdampfung, deren Höchstleistung zusammen in 24 Stunden beträgt:

5×32000 Eimer $=$ 200 russische Kubikfaden $=$ 1942 cbm.

3. Konstruktionseinzelheiten des russischen Systems „Jagn-Koppel". Der Bau von großen Wasser-Destillieranlagen hat in Rußland durch den im Jahre 1905 verstorbenen verdienstvollen russischen Ingenieur N. F. Jagn eine selbständige und großartige Entwickelung gefunden. Die ersten von Jagn allein erbauten Destillieranlagen bewährten sich im Betriebe nicht gut, weil Jagn zu wenig Wert auf die Ausbildung der Einzelheiten legte. Erst nachdem die Aktiengesellschaft „Arthur Koppel" in St. Petersburg mit Jagn einen Vertrag über den gemeinsamen Bau von Wasser-Destillieranlagen abgeschlossen hatte, wurde auf die Durchbildung aller Einzelheiten mehr Wert gelegt, und seitdem sind Anlagen erbaut, welche mit Bezug auf Zweckmäßigkeit der Gesamtanlage und Wirtschaftlichkeit im Betriebe vermutlich alle bisher gebauten Anlagen in anderen Ländern weit hinter sich lassen.

Die Destillieranlagen „Jagn-Koppel" sind alle erbaut ausschließlich für Dampfüberdruck und für mehrfache Verdampfung.

Bei der nachfolgenden Aufzählung der Bestandteile eines Wasser-Destillierapparates russischer Bauart werden die Unterschiede gegenüber dem englischen System teilweise besprochen werden.

a) Dampfkessel: Die Konstruktion des Kessels ist die eines leicht zu reinigenden Flammrohrkessels für 6 Atm. Betriebsdruck, wobei jedes beliebige Brennmaterial Verwendung finden kann.

Der Kessel dient nicht allein zur Erzeugung des Frischdampfes, sondern auch zur Speisung der Destillierelemente mit hocherhitztem Rohwasser, wodurch eine fortgesetzte gute Spülung des Kessels gewährleistet wird. Das Kessel-Speisewasser wird infolge systematischer Vorwärmung mit einer Temperatur von 130° C in den Kessel gedrückt. Das Rohwasser ist bei dieser Temperatur praktisch luft- und gasfrei, wodurch gefährliche Rostungen im Kessel vermieden werden.

Die Speisung des Kessels beim englischen System erfolgt mit destilliertem Wasser, wobei dann Röhrenkessel verwendet werden können; jedoch ist dieses nicht so vorteilhaft, weil die Nettoleistung der Anlagen sinkt, sowohl mit Bezug auf das erzeugte Reinwasserquantum, als auch mit Bezug auf das erzeugte Wasserquantum für die Gewichtseinheit des Brennmaterials.

„Jagn-Koppel" speisen den Kessel mit destilliertem Wasser nur bei ganz kleiner Leistung der Apparate. Beim englischen System dient zur Speisung des Kessels in erster Linie das Kondensat des Abdampfes der Pumpanlage, welches immer durch Öl verunreinigt ist und daher vorher gereinigt werden muß. Die große Pumpleistung beim englischen System rechtfertigt wohl diese Ausnutzung des Abdampfes. Jagn-Koppel verzichten infolge geringeren Dampfverbrauches für die Pumpanlage auf das Kondensat des Abdampfes. Bei Speisung mit Rohwasser ist die Aufstellung eines zweiten Kessels zweckmäßig zur Reserve, während bei Speisung mit Destillat ein Kessel unter allen Umständen genügt.

Die Größe der Heizfläche des Kessels und infolgedessen auch der Verbrauch an Heizmaterial und Rohwasser verringert sich im Verhältnis zur Vermehrung der Anzahl der hintereinander geschalteten Destillierelemente. Die benötigte Heizfläche des Kessels ist daher beispielsweise wesentlich kleiner bei achtfacher als wie bei vierfacher Verdampfung.

b) Destillierelemente. Jedes Element besteht aus einem teilweise mit Rohwasser gefüllten eisernen Dampffaß, sowie der vom Rohwasser bedeckten kupfernen Verdampf- und Kondensbatterie. Die Elemente werden bei kleiner Leistung der Billigkeit und Platzersparnis wegen stehend, bei größerer Leistung liegend angeordnet, um einerseits ruhigere Verdampfung

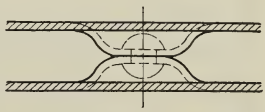
und andererseits bessere Zugänglichkeit und Reinigung zu ermöglichen.

Jedes Dampffaß erhält außer der üblichen Armatur, bestehend aus Wasserstandsglas, Thermomanometer, Speiseventil und Lufthahn, einen abnehmbaren, auf Schraubenbolzen befestigten Deckel, damit die Batterie behufs Reinigung leicht herausgezogen werden kann. Ein guter Wasserabscheider darf nicht fehlen, damit der Abdampf gut getrocknet und kein Rohwasser mit dem Abdampf mitgerissen wird.

Jede Batterie eines Elementes besteht aus einer Anzahl lotrecht stehender Kupferplatten. in deren Inneres der Dampf geleitet wird und deren Äußeres vom Rohwasser umspült wird.

Die Batterien sind auf eisernen Wagen montiert und werden nach Lösung einer einzigen Verbindungsschraube auf den vorgesehenen Gleitwinkeln zur Reinigung herausgezogen.

Jede Platte einer Batterie ist zusammengenietet aus zwei (auf Wunsch außen und innen verzinnten) Kupferblechen, wie nebenstehende Figur zeigt, und wird einem Prüfungsdruck von 6 Atm. unterworfen.



Der Wirkungsgrad dieser Plattenbatterien ist erheblich größer als derjenige von Röhrenbatterien aus zwei Gründen:

Einerseits werden die Heizflächen weniger vom Kondenswasser bedeckt, weil die Abführung des Destillates auf kürzestem Wege geschieht und immer in gleicher Richtung mit der Dampfströmung,

andererseits sind Entlüftungsröhrchen in jeder Platte vorgesehen, welche eine sonst eintretende Luftansammlung verhindern, deren Einfluß auf den Wirkungsgrad überaus schädlich ist.

Näheres über die Schädlichkeit von Wasseransammlung und Luft in den Kondensbatterien ist zu ersehen aus der Abhandlung in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure vom Jahre 1902 Nr. 12 Seite 418 von H. Claaßen, Dormagen.

Die Reinigung der Platten vom Kesselstein ist sehr schnell und unter großer Schonung der Platten vorzunehmen, da der Kesselstein sich an der geraden Außenfläche der Platten ansetzt und sich in großen Stücken bei leichten Schlägen mit

einem Holzhammer ablöst. Alle übrigen Konstrukteure verwenden zu den Verdampf- und Kondensbatterien Röhren, so daß der Kesselstein sich an zylindrischen Flächen ablagern muß. Die Reinigung ist daher bei Verwendung von Röhren viel langwieriger und schwieriger, auch werden die Rohrsysteme durch die notwendige Anwendung stärkerer Schläge beim Reinigen schneller zerstört.

Die Anzahl der Destillierelemente wird um so größer genommen, je mehr Wert auf die Ausnützung des Brennstoffes gelegt wird und je weniger Rohwasser zur Verfügung steht.

Dieser Satz gilt sowohl für Hochdruck-Destillieranlagen nach System „Jagn-Koppel", als auch für mit Luftverdünnung arbeitende Destillieranlagen.

Je größer der Wärmeunterschied zwischen der Temperatur des Dampfes und des Rohwassers ist, um so kräftiger wird die Wirkung der Kondensfläche, um so mehr Destillat wird demnach die Flächeneinheit der Kondensfläche hervorbringen und um so kleiner und billiger wird die benötigte Kondensfläche. Aus diesem Grunde wird die Anfangstemperatur des Dampfes möglichst hoch genommen und die Endtemperatur möglichst niedrig.

Die Anfangstemperatur des Dampfes ist praktisch beschränkt aus dem Grunde, daß der Dampfdruck viel schneller steigt als die Temperatur des Dampfes, denn bei einem Dampfüberdruck

von	0	Atm.	ist	die	Temperatur	ca.	100° C,			
„	1	„	„	„	„	„	120° C,	Differenz		20°
„	2	„	„	„	„	„	133° C,	„		13°
„	3	„	„	„	„	„	143° C,	„		10°
„	4	„	„	„	„	„	151° C,	„		8°
„	5	„	„	„	„	„	158° C,	„		7°
„	6	„	„	„	„	„	164° C,	„		6°

Je höher der Druck, um so teurer werden alle Apparate. Aus diesem Grunde haben Jagn-Koppel praktisch die obere Grenze bei 6 Atm. Überdruck entsprechend 164° C angenommen, während bei englischem System als höchster Druck gewöhnlich nur 3 Atm. = 143° C angenommen werden.

Die Endtemperatur des Dampfes ist bei einer Hochdruckanlage Jagn-Koppel mit + 100° C erreicht, während bei einem mit Luftverdünnung arbeitenden Destillierapparat englischen Systems bei 0,1 Atm. Druck die entsprechende Temperatur nur 46° C beträgt.

Der Temperaturunterschied des Dampfes zwischen erstem und letztem Element besteht danach bei einer Anlage System Jagn-Koppel aus höchstens 64° C, während bei Luftverdünnung dieser Unterschied 97° C beträgt. Dieser anscheinend große Vorteil der Luftverdünnung wird wieder aufgehoben durch das unvorteilhafte Arbeiten der Luftpumpen, was an dem Betriebsresultate zwischen einer unter sonst gleichen Verhältnissen arbeitenden Hochdruck- und Niederdruckanlage nachgewiesen werden könnte.

Das letzte Element in der Kette der Destillierelemente, welches mit niedrigstem Druck arbeitet, wird Kondensator genannt, weil in diesem nur der letzte Dampf verdichtet wird und eine Verdampfung des Rohwassers nicht mehr stattfindet.

Die theoretisch unbegrenzte Zahl der Elemente wird praktisch dadurch begrenzt, daß einerseits bei zu großer Zahl der Elemente das Temperaturgefälle zu klein für jedes Element wird und demnach die Heizfläche zu wenig wirkungsvoll, und daß andererseits der Frischdampf im Mittel und im praktischen Dauerbetriebe nur 80% Neudampf erzeugt. Giebt also beispielsweise bei einem Apparat neunfacher Verdampfung mit kesselsteinfreien Heizflächen und unter Annahme regelmäßiger Temperaturabstufung in der Zeiteinheit der Kessel

Frischdampf	.	.	.	.	.	.	.	.	.	100 kg
so giebt das	1.	Element	Destillat	100 kg	und	Neudampf	80 kg
„ „ „	2.	„	„	80 „	„	„	64 „
„ „ „	3.	„	„	64 „	„	„	51 „
„ „ „	4.	„	„	51 „	„	„	41 „
„ „ „	5.	„	„	41 „	„	„	33 „
„ „ „	6.	„	„	33 „	„	„	28 „
„ „ „	7.	„	„	28 „	„	„	22 „
„ „ „	8.	„	„	22 „	„	„	18 „
und der Kondensator			„	18 „	„	„	— „

Ergebnis für 100 kg Frischdampf 437 kg Destillat.

33 / 100 = 4.37

Selbst bei neunfacher Verdampfung ist demnach für je 100 kg Kesseldampf nur 337 kg Destillat netto zu erzielen, so daß eine Vermehrung der Zahl der Elemente zwecklos erscheint.

Unter Umständen ist es vorteilhaft, den Destillierapparat so einzurichten, daß der Apparat arbeiten kann:

normal ungeteilt mit acht Elementen hintereinander geschaltet, wenn normale Leistung und bessere Ausnützung des Brennstoffes gewünscht wird, oder:

forciert geteilt mit zweimal vier Elementen, wenn vorübergehend mehr Destillat gewünscht wird und der Brennstoffverbrauch gesteigert werden kann.

Auf diese Weise kann die Leistung des Destillierapparates nahezu auf das Doppelte gesteigert werden unter der Voraussetzung, daß die Kessel zur Erzeugung der benötigten größeren Menge an Frischdampf ausreichend sind unter verstärkter Feuerung.

Eine solche doppelte Arbeitsmöglichkeit ist bei den Apparaten Jagn-Koppel verhältnismäßig einfach zu erreichen, während bei Vakuumapparaten diese Möglichkeit recht schwierig zu erzielen ist.

c) Der Dampfkühler oder Kondensator. Das letzte Element in der Kette der Verdampf- und Kondenselemente, wie bereits oben erwähnt, wird Kondensator genannt und hat einerseits den Zweck, den Abdampf des vorhergehenden Elementes zu Destillat zu verdichten und andererseits das Rohwasser gleichzeitig nahezu auf 100° vorzuwärmen, wobei der größte Teil der im Rohwasser enthaltenen Luft und anderer Gase entweicht. Ein nutzbares Verdampfen des Rohwassers findet im Dampfkühler nicht statt. Die Konstruktion ist ganz ähnlich der der Elemente, nur einfacher.

d) Vorwärmer oder Regeneratoren. Bei Destillier-Apparaten größerer Leistungsfähigkeit, System Jagn-Koppel, liegt unter jedem Destillierelement ein Vorwärmer, auch Regenerator genannt, um einerseits das 100 bis 160° C heiße Destillat abzukühlen und andererseits mit der überschüssigen Wärme des Destillates das Rohwasser bis auf 130° vorzuwärmen. Die Vorwärmer bestehen, um dieses zu ermöglichen, aus eisernen Röhren großen Durchmessers, in deren Innern sich

je ein Rohrbündel aus kleineren Kupferröhren befindet. Das heiße Destillat fließt aus der Kondensbatterie durch die Kupferröhren und erwärmt das unter 6 Atmosphären Druck stehende umspülende Rohwasser, welches zum Kesselspeisen dient. Die praktische Konstruktion der unter b) näher erläuterten hohlen Platten ist bei den Vorwärmern aus verschiedenen Gründen nicht anwendbar, ist auch nicht so wichtig, weil in den Vorwärmern keine Verdampfung stattfindet und infolgedessen der Kesselstein-Ansatz weniger energisch vor sich geht. Durch besondere im Innern der Vorwärmer angebrachte Bleche kann in besonderen Fällen die Oberfläche, an welche sich der Kesselstein ansetzt, stark vergrößert werden, so daß die Kupferröhren vom Kesselsteinansatz teilweise entlastet werden.

e) Der Reinwasserkühler. Für Trinkwasserbereitung ist es wünschenswert, das heiße Destillat tief abzukühlen, während bei Kesselspeisewasser die Abkühlung nicht so wichtig ist. Die benötigte Kühlfläche und Menge des Kühlwassers richtet sich nach der vorgeschriebenen Endtemperatur des Destillates, die aber immer etwas höher liegen muß als die Temperatur des Kühlwassers.

Die Konstruktion des Wasserkühlers Jagn-Koppel ist ähnlich der der Destillierelemente, es werden also ebenfalls die hohlen Kupferplatten verwendet.

Im Gegenstrom mit dem Destillat erwärmt sich das Rohwasser hier erstmalig und wird gleichzeitig von schwebenden Sinkstoffen gereinigt.

Je größer die Geschwindigkeit des Destillates und des Rohwassers ist, um so besser wird der Wirkungsgrad der Kühlfläche sein. Sehr wertvolle Winke hierüber gibt Hausbrandt in seinem Werke „Kondensieren und Kühlen". Bei der Konstruktion des Wasserkühlers ist ferner großer Wert auf die symmetrische Verteilung des Wassers zu legen, worüber Lorenz in seinem Buche „Neuere Kühlmaschinen" sehr interessante Mitteilungen macht.

f) Die Pumpanlage. Im Gegensatz zu der bisherigen englischen Bauart größerer Destillieranlagen, arbeiten die Anlagen Jagn-Koppel ohne Luftpumpe. Es ist daher nicht notwendig, das Destillat abzusaugen, sondern es fließt unter Druck frei aus den Destillierelementen ab durch die Vorwärmer und

durch den Reinwasserkühler in das in Fußbodenhöhe liegende Reinwasser-Reservoir.

Zur Speisung des Kessels werden beim System Jagn-Koppel einfache schwungradlose Dampfpumpen viel verwendet, weil diese Pumpen im Preise billig, in der Leistung gut regulierbar und sehr betriebssicher sind.

Ökonomischer ist es, einen Wärmekraftmotor oder eine gute regulierende Dampfmaschine aufzustellen und die Pumpen direkt, durch Transmissionen, oder auch elektrisch anzutreiben.

Unter der Annahme, daß das kalte Rohwasser direkt aus einer vorhandenen Wasserleitung in den Wasserkühler abgeliefert wird, und daß das fertig gekühlte, in Fußbodenhöhe abgelieferte Destillat nicht noch nachträglich weitergepumpt werden muß, ist für den eigentlichen Betrieb der Wasser-Destillieranlagen Jagn-Koppel nur eine einzige Pumpe nötig, nämlich die Kesselspeisepumpe. Pumpen, zur Heranschaffung des Rohwassers und zum Weiterbefördern des Destillates, sind nicht in jedem Falle notwendige Hilfspumpen, die mit dem Wesen der Destillieranlagen nichts zu tun haben; infolgedessen sind diese Pumpen in dem nachfolgend beschriebenen Betriebsvorgange fortgelassen worden.

Die Pumpanlage eines Apparates englischen Systems ist komplizierter, weil unter denselben Voraussetzungen benötigt werden:

1. 1 Kesselspeisepumpe,
2. 1 Elementspeisepumpe,
3. 1 Vakuumpumpe,
4. 1 Destillat-Absaugepumpe.

4. Betrieb und Betriebsresultate russischer Apparate. ***a) Betriebsvorgang.*** Zur Erläuterung des Betriebsvorganges in einem Destillier-Apparat Jagn-Koppel neunfacher Verdampfung dient die Skizze auf Seite 22, in der solche Temperaturen in Celsius eingeschrieben sind, welche das ideale Ziel bilden. Hierbei sind die Wärmeverluste und Temperaturunterschiede zwischen Dampf- und Flüssigkeitswärme der Übersichtlichkeit wegen meistens nicht berücksichtigt.

Das kalte zu destillierende Rohwasser von angenommen 15° C erwärmt sich im Wasserkühler im Gegenstrom mit dem

heißen destillierten Wasser auf 36° und kühlt letzteres auf 25° ab. Je mehr Rohwasser genommen wird, um so besser wird das Destillat gekühlt, aber um so weniger wird auch das Rohwasser vorgewärmt. Das vorgewärmte Rohwasser von 36° fließt weiter in den Kondensator und erhitzt sich hier bis 98°, wobei gleichzeitig der 101° warme Abdampf des letzten achten Destillier-Elementes kondensiert wird. In den Hauptwasserkühler tritt nur das Destillat aus den acht Destillierelementen, während das Destillat aus dem Kondensator noch durch einen darunter liegenden Hilfskühler abgekühlt wird, wenn das überhaupt notwendig ist. Das fertige Destillat fließt frei aus in das in Fußbodenhöhe befindliche Reinwasser-Reservoir.

Zu bemerken ist, daß das Rohwasser im Wasser- und Dampfkühler von Schlamm, Öl, Luft und Gasen größtenteils befreit wird.

Das im Dampfkühler auf 98° erhitzte Rohwasser fließt unter Gefälle der Kesselspeisepumpe zu, wird aber nicht direkt in den Kessel gespeist, sondern durch die Vorwärmer 1 — 8 hindurchgedrückt.

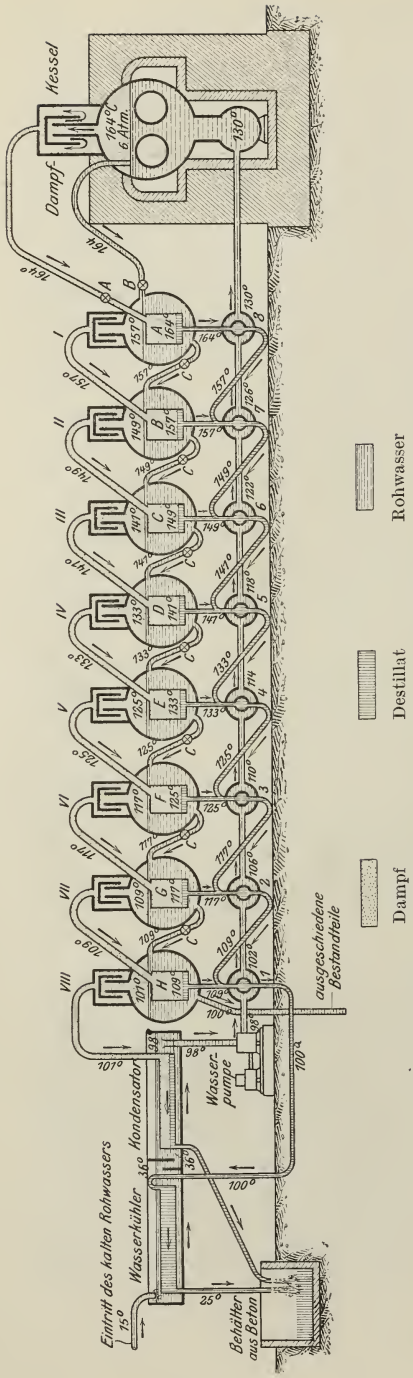
Im Gegenstrom mit dem Destillat aus den Elementen I—VIII erhitzt sich das unter 6 Atmosphären Druck stehende Rohwasser allmählich auf 130° und wird mit dieser Temperatur in den Kessel gedrückt.

Zu bemerken ist noch, daß das Rohwasser auf diesem Wege einen Teil des Kesselsteines verliert (vergl. Punkt 3 d).

Das in den Kessel mit 130° eintretende Speisewasser wird im Kessel auf 164° C weitererhitzt und gleichzeitig in Form von Wasser und Dampf in 2 getrennten Rohrleitungen in das Element I abgeführt.

Das Kesselwasser von 164° wird in das Dampffaß 1 geleitet, in welchem eine Dampftemperatur von 157° herrscht. Infolgedessen verdampft sofort beim Eintritt ein kleiner Teil des Kesselwassers, wobei die benötigte latente Wärme des sich bildenden Dampfes dem übrigbleibenden Wasser entzogen werden muß; die Temperatur des Kesselwassers sinkt daher ebenfalls bei Eintritt in das Element I auf 157°.

Der Frischdampf des Kessels dagegen von 164° wird in das Innere der Verdampf- und Kondensbatterie A geleitet und dort vollständig in destilliertes Wasser von 164° verwandelt,



Prinzipskizze einer Destillieranlage „Jagn-Koppel" neunfacher Verdampfung.

wobei letzteres unter eigenem Druck durch den Vorwärmer 8 in den Vorwärmer 7 usw. strömt und sich dabei allmählich abkühlt. Der in der Batterie A kondensierende Frischdampf gibt seine frei werdende latente Wärme an das umgebende Rohwasser ab, wodurch neuer Dampf (der erste Abdampf) natürlich von geringerer Spannung als der Frischdampf gebildet wird. Die Dampfmenge, welche von Element I zu Element II strömt, setzt sich zusammen aus den beiden obenerwähnten verschiedenartig entwickelten Dampfarten, welche jedoch gleiche Spannung und Temperatur haben und zusammen als Abdampf I bezeichnet werden.

Im Element II wiederholt sich derselbe Vorgang wie im Element I, nur daß der eintretende Dampf der obengenannte Abdampf I ist und nicht Frischdampf aus dem Kessel, und daß das eintretende Speisewasser aus dem Element I entnommen wird und nicht aus dem Kessel.

Der Wärmeprozeß läßt

sich aus den eingeschriebenen Temperaturen genau verfolgen.

Die Dampfmenge, welche von Element II nach III und von III nach IV usw. übertritt, sinkt beständig von Element zu Element; ebenso sinkt die Rohwassermenge von Element zu Element, wobei die Konzentration von Salzen und anderen Bestandteilen, welche nicht als Kesselstein ausgeschieden werden, fortgesetzt steigt. Im Element VIII ist daher ein Ablaßhahn vorgesehen, welcher dauernd im Betriebe geöffnet ist und eine allzugroße Konzentration der Lauge verhindert.

Die Stärke des Kesselsteinansatzes ist im ersten Element am größten und sinkt schnell, so daß im letzten Element bei selbst längerem Betriebe sich nur eine ganz dünne Schicht ansammelt.

Durch diesen Kesselsteinansatz wird die Leistungsfähigkeit des Apparates natürlich vermindert und werden die Temperaturen beeinflußt. Die Regelmäßigkeit des Temperaturgefälles wird auch noch beeinflußt durch andere Umstände, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. Näheres ist enthalten in der Zeitschr. d. Ver. d. Ing. Nr. 12 von 1902. Die in der Zeichnung eingeschriebenen Temperaturen sind daher als Idealzustand zu betrachten, welcher praktisch nicht erreicht werden kann.

Die Regulierung der Frischdampfmenge und daher der Leistung des ganzen Apparates geschieht mit dem Ventil *A*, während die Regulierung der weiteren Dampfmenge automatisch geschieht, und zwar ziemlich genau, so daß das Temperaturgefälle zwischen allen acht Elementen gleich groß ist, beispielsweise im vorliegenden Falle $= 8^0$.

Die Speisung des ersten Elementes mit Kesselwasser wird reguliert durch das Ventil *B*, auch ist es notwendig, zwischen je 2 Elementen ein Ventil *C* anzubringen, mit welchem der Wärter den Wasserstand in den Elementen reguliert. Die Regulierung des Wasserstandes könnte auch automatisch vorgenommen werden, wenn man einen absolut sicher arbeitenden Regulierapparat für schlechtes Wasser konstruieren könnte. Alle bisher eingeführten automatischen Speiseapparate arbeiten aber auf die Dauer nur zufriedenstellend bei gutem Speisewasser und versagen, sobald sie mit heißem, stark Kesselstein absetzendem Wasser arbeiten.

b) Leistung eines Destillierapparates. Besondere Aufmerksamkeit ist der mittleren Leistung eines Destillierapparates zu schenken. Am meisten werden die Destillierapparate für eine stündliche oder tägliche Leistung angeboten, wobei Voraussetzung ist, daß die Verdampf- und Kondensflächen ohne Ansatz von Kesselstein sind und wobei nicht berücksichtigt wird, daß zur Reinigung der ganze Apparat oder einzelne Teile angehalten werden müssen. Die Leistung eines reinen Apparates ist selbstverständlich höher, als wenn derselbe stark mit Kesselstein verunreinigt ist. Es ist daher Wert darauf zu legen, daß bei der Bestimmung der Leistungsfähigkeit beide oben erwähnten Umstände in Rücksicht gezogen werden. Ferner ist es wünschenswert, daß die Arbeitsperiode eines Apparates so lange als möglich dauert, bevor eine Reinigung notwendig ist, weil jede Reinigung naturgemäß dem Apparat mehr schadet als die Betriebszeit und außerdem die Reinigungszeit, auf eine kürzere Betriebsdauer bezogen, die mittlere Leistung mehr herabdrückt, als wenn die Betriebsdauer eine längere ist.

Je nach den Wasserverhältnissen können die Apparate Jagn-Koppel 20—40 Tage lang arbeiten, ohne gereinigt zu werden, während die englischen Apparate gewöhnlich schon nach 3—10 Tagen reinigungsbedürftig sind. Die mittlere tägliche Leistung ist deshalb immer für eine längere Zeit zu berechnen, beispielsweise wie folgt:

Maximalleistung des Apparates am ersten Tage 150 cbm
Leistung des Apparates am 15. Tage 110 „
mithin mittlere tägliche Leistung ohne Reinigung 130 „

Wenn nun der Apparat zum Reinigen zwei Tage angehalten werden muß, so beträgt die mittlere tägliche Leistung $15 \times 130 = 1950 : 17 = 114{,}7$ cbm, nicht etwa 150 cbm, wie aus der Leistung des ersten Tages geschlossen werden könnte.

c) Güte des destillierten Wassers. Das Destillat wird um so reiner sein, um so ruhiger die Verdampfung im Kessel und in den Destillierelementen erfolgt. Ruhige Verdampfung wird erzielt:

1. durch reichliche Bemessung der Heizflächen, so daß die Flächeneinheit nicht stark beansprucht wird,

2. durch großen Wasserraum im Verhältnis zur Heizfläche, damit das Wasser weniger in Wallung gerät,
3. durch große Oberfläche des Rohwasserspiegels gegenüber dem Dampfraum, welche bei liegender Konstruktion leichter zu erreichen ist als bei stehender,
4. durch geringen Temperaturunterschied zwischen Heizfläche und Rohwasser, wobei das verdampfte Wasserquantum für die Flächeneinheit gering wird.

Die Destillierapparate Jagn-Koppel besitzen betreffs Güte des Destillates alle wünschenswerten Eigenschaften und zeichnen sich auch noch dadurch vor den Niederdruckanlagen aus, daß in den Destillierelementen immer der Druck innerhalb der Batterie größer ist als derjenige des umspülenden Wassers.

Bei Undichtigkeiten in den Batterien wird daher ein Eindringen des Rohwassers vermieden, während bei undichten Vakuumapparaten, Rohwasser direkt in die Kondensbatterien hineingesaugt und damit das Destillat verunreinigt wird.

5. Aufzählung ausgeführter Wasser- und Destillieranlagen Jagn-Koppel. Zum Beweis dafür, daß die Apparate Jagn-Koppel auch in der Praxis sich bewährt haben, folgt zum Schluß eine Tabelle der bereits ausgeführten Anlagen dieses Systems. Die Ziffern sind den im Besitze der Aktiengesellschaft „Arthur Koppel“ in St. Petersburg befindlichen offiziellen Abnahmeprotokollen entnommen.

Die Dauer der Versuche betrug von 1—12 Monaten, so daß also die Ziffern keine vorübergehende Glanzleistungen, sondern praktische Durchschnittszahlen darstellen.

In der Tabelle sind nur ganz kurze allgemeine Angaben über die einzelnen Anlagen enthalten. Dagegen sind im Abschnitt über Destillieranlagen für Eisenbahnzwecke ausführlichere Angaben enthalten über einzelne Anlagen, während die Anlage in Baku, die größte der Welt, zum Schluß eingehend beschrieben ist.

6. Bau und Betrieb eines englischen Wasser-Destillierapparates. Soweit aus der Literatur ersichtlich, nimmt in England die Firma „Mirrless Watson & Co. Ltd.“, Glasgow, auf dem Gebiete der Wasser-Destillieranlagen die führende

Stellung ein und soll daher hier zum Vergleich mit den Anlagen Jagn-Koppel eine Beschreibung folgen der größten von dieser Firma erbauten Anlage in Ägypten, welche in „The Engineer" vom 4. März 1907 veröffentlicht ist mit Zeichnungen und perspektivischen Bildern. Die Anlage besteht aus zwei gleichen Apparaten von je 350 Tons, in Summa also 700 Tons = 56 000 Eimer täglicher Leistung.

a) Dampfkessel. Die Kessel werden mit destilliertem Wasser gespeist, wozu in erster Linie das Kondensat aus dem Abdampf der Pumpen dient. Zur gelegentlichen Speisung des Kessels mit Seewasser ist eine besondere Vorrichtung getroffen. Die Kessel sind als Röhrenkessel ausgebildet und arbeiten der Pumpen wegen mit 5—6 Atm. Überdruck, obgleich der Dampfdruck des zum Destillieren dienenden Frischdampfes auf 40 lbs pro Quadratzoll, also auf weniger als 3 Atm. reduziert wird.

b) Destillierelemente. Die sechs Elemente sind liegend und übereinander angeordnet, wodurch die Gesamthöhe des Apparates sehr groß wird. Die Batterien bestehen aus Röhren, welche an beiden Enden in Böden befestigt sind. Die sechs Wasserabscheider stehen zu einer besonderen gußeisernen Säule vereinigt neben den Elementen. Das Rohwasser wird durch die Röhrenbatterien gedrückt, so daß also der Kesselstein sich innerhalb der Röhren absetzt. Der Druck im ersten Element beträgt 40 lbs Druck auf ein Quadratzoll und im letzten Element 27 Zoll Vakuum.

c) Kondensator, ebenfalls in Röhrenkonstruktion, dient auch hier zum Niederschlagen des Abdampfes aus dem letzten Element.

d) Vorwärmer oder Regeneratoren zur Vorwärmung des Seewassers sind bei diesem System ebenfalls vorhanden und mit den Destillierelementen vereinigt. Das Rohwasser wird auch in diesen Vorwärmern durch Röhren gedrückt.

e) Der Wasserkühler für Destillat liegt zwischen Kondensator und Vakuumpumpe und dient als Vorwärmer für Rohwasser.

f) Die Pumpanlage umfaßt folgende Maschinen:

1. 1 Rohwasserpumpe, welche den Kondensator speist;
2. 1 Jarryan-Speisepumpe für die Elemente;
3. 1 Vakuum-Luftpumpe;

4. 1 Pumpe zum Absaugen der Lauge aus dem letzten Element;
5. 1 Pumpe zur Hebung des Reinwassers auf den Filter;
6. 1 Kessel-Speisepumpe.

Der Abdampf dieser Pumpen wird teilweise im Kondensator und teilweise im ersten Element wieder nutzbar gemacht. Da der Abdampf mit Maschinenöl verunreinigt ist, wird eine Reinigung des Destillats durch Filter zur Notwendigkeit.

g) Betriebsvorgang. Die Pumpe Nr. 1 saugt das kalte Rohwasser an und drückt dieses durch den Kondensator und einen Filter in ein Reservoir, wobei eine leichte Erwärmung eintritt. Die Pumpe Nr. 2 saugt dieses angewärmte Rohwasser an und drückt dasselbe zunächst durch den Wasserkühler und dann hintereinander durch die am Boden der sechs Elemente liegenden Röhrenvorwärmer, wobei das Rohwasser sich allmählich weiter erwärmt, bis es schließlich im obersten ersten Element durch Frischdampf aus dem Kessel erhitzt wird. Von hier läuft das Rohwasser wieder nach unten in einen Kesselsteinabscheider, in welchem ein Teil des Kesselsteines infolge weiterer Erhitzung durch Kesselfrischdampf in einen Holzkohlenfilter ausgeschieden wird. Hierbei erhitzt sich das Rohwasser bis nahezu auf die Temperatur des Kesseldampfes und tritt alsdann wieder in das erste Element, aber jetzt in die Verdampfbatterie. Durch diese Batterie tritt das Rohwasser in den ersten Dampfabscheider, teilt sich hier in Wasser und Dampf, welche beide in das zweite Element geführt werden. Hier kondensiert der Dampf und das Wasser geht durch die Röhrenbatterie in den zweiten Dampfabscheider, worauf sich das Spiel im dritten und den folgenden Elementen wiederholt.

Im sechsten Element beträgt der Rest des Rohwassers nur noch ca. 25% der ursprünglichen Rohwassermenge (jetzt Lauge genannt) und wird durch die Pumpe Nr. 4 entfernt.

Das Destillat aus dem ersten Element dient zum Speisen des Kessels. Das Destillat des zweiten Elements wird in das dritte Element geführt und so fort bis zum sechsten Element, aus welchem einerseits das Destillat durch den Wasserkühler und andererseits der letzte Abdampf durch Pumpe Nr. 3 in den Kondensator gesaugt wird.

Die Luftpumpe Nr. 3 liefert das gesamte Destillat in ein Zwischenreservoir ab, aus welchem die Reinwasserpumpe Nr. 5 das Destillat ansaugt und auf die Filter drückt.

h) Verbrauch an Brennmaterial. Für jedes Pfund reiner im Kessel verbrannter Kohle (nach Abzug des Aschengehaltes) soll ein solcher Apparat imstande sein, netto 48 Pfund destilliertes Wasser zu liefern, also ungerechnet des Kessel-Speisewassers. Es würde das umgerechnet auf russisches Maß und Gewicht ergeben pro Pud Kohle 64 Eimer Destillat. Unter Verwendung ganz vorzüglicher Kohle, bei einem neuen unverschmutzten Apparat und nicht abgenutzten Pumpen ist es vielleicht möglich, ein solches Resultat auf kurze Zeit zu erzielen. Es wäre aber wünschenswert, daß die Resultate dieser Apparate im Laufe eines ganzen Jahres sorgfältig aufgezeichnet würden, damit dieselben mit den Resultaten der Apparate Jagn-Koppel verglichen werden könnten. Mehrstündige Versuche mit Destillierapparaten haben nur geringen Wert und sind Versuche von vierwöchentlicher Dauer zum mindesten nötig, um wirklich in einwandfreier Weise die durchschnittlich erzeugte Wassermenge und das durchschnittlich verbrauchte Brennmaterial festzustellen.

III. Rentabilität der Verwendung destillierten Wassers im Eisenbahnbetriebe.

1. Allgemeines. Zur Untersuchung der Zweckmäßigkeit der Wasser-Destillieranlagen für Eisenbahnbetriebe, also der Verwendung des destillierten Wassers zur Speisung von Lokomotiven, sollen jetzt der Bau, der Betrieb und die Rentabilität einer solchen Anlage für die russischen Verhältnisse näher untersucht werden. Diejenigen Eisenbahnen, welche zum Speisen der Lokomotiven auf allen Stationen reines, sehr weiches und nicht salziges Wasser zur Verfügung haben, kommen für die Einführung von destilliertem Wasser nicht in Betracht. Ist nur auf einzelnen wenigen Stationen das Wasser schlecht, so wird in den meisten Fällen brauchbares Wasser von den übrigen Stationen herangeschafft werden, wenn die Entfernung nicht zu groß ist.

Der rechnerische Nachweis für die Zweckmäßigkeit der Verwendung destillierten Wassers ist nur dann zu führen, wenn das Speisewasser auf allen Stationen unbefriedigend ist, wie beispielsweise in Rußland auf der Astrachanbahn, Katerinenbahn, Mittelasiatischen Bahn und anderen.

Der russische Eisenbahnminister, Fürst Chilkow, berief im Jahre 1904 eine besondere Kommission unter dem Vorsitze des Ingenieurs A. Nagel und mit dem Auftrage, die Zweckmäßigkeit der Verwendung destillierten Wassers im Eisenbahnbetriebe zu prüfen. Der Bericht der Kommission fiel außerordentlich günstig aus. Ein Teil der Ziffern in der nachfolgenden Abhandlung ist dem Schlußprotokoll dieser Kommission entnommen, an deren Beratungen der oben erwähnte Ingenieur N. F. Jagn als erster Spezialist für den Bau von Wasser-Destillieranlagen den regsten Anteil nahm.

2. Bau- und Betriebskosten von Wasser-Destillieranlagen. Die Prüfung der Rentabilität der Verwendung des destillierten Wassers im Eisenbahnbetriebe hat zunächst mit der Festsetzung der Bau- und Betriebskosten einer Wasser-Destillieranlage zu beginnen. Die Bau- und Betriebskosten werden für Rußland von der Aktiengesellschaft „Arthur Koppel" in St. Petersburg auf Grund jahrelanger praktischer Erfahrungen garantiert, so daß diese Zahlen als sicher anzusehen sind.

A. Anlagekosten. Die Anlagekosten einer mittelgroßen Destillieranlage von beispielsweise 30 Kubikfaden (= 291 cbm) mittlerer (vergl. Kapitel II Punkt 4 b) täglicher Leistung für Eisenbahnzwecke, also für eine jährliche Erzeugung von 365 × 30 = 10950 Kubikfaden werden von obengenannter Gesellschaft veranschlagt:

a) Erdarbeiten, Gebäude, Reservoire und andere Bauarbeiten	Rbl.	54000.—
b) Maschinen, Pumpen, Kessel und Rohrleitungen	„	90000.—
c) Kupferne Verdampf- und Kühlbatterien .	„	36000.—
Anlagekosten in Summa	Rbl.	180000.—
oder pro Kubikfaden täglicher Leistung	„	6000.—
„ „ „ jährlicher „	„	16.50

B. Jährliche Betriebskosten. Die jährlichen Betriebskosten werden gleichfalls von obengenannter Aktiengesellschaft auf Grund zehnjähriger Erfahrungen mit der in eigener Regie betriebenen Destillieranlage in Baku (siehe Kapitel IV) aufgegeben wie folgt:

Die Kosten für jeden Kubikfaden erzeugtes destilliertes Wasser werden berechnet auf

	Rbl. in Summa	Rbl. Kubikfaden
a) Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals 5% von Rbl. 180000.—	9000.—	0.82
b) Masutverbrauch wird von der Aktiengesellschaft Arthur Koppel garantiert mit 11 Pud pro Kubikfaden Destillat, daher betragen die Gesamtkosten bei einem Preise von 20 Kop. pro Pud 10590 × 11 × 0,20	24090.—	2.20
Übertrag	33090.—	3.02

	Rbl. in Summa	Rbl. Kubikfaden
Übertrag	33090.—	3.02
c) Gehälter und Löhne bei Tag- und Nachtarbeit und achtstündiger Ablösung:		
3 Maschinisten zu Rbl. 720 Rbl. 2160		
3 Schlosser „ „ 540 „ 1620		
3 Kesselheizer „ „ 360 „ 1080		
3 Arbeiter „ „ 300 „ 900	5760.—	0.53
d) Erneuerung schadhafter Teile und kleine Betriebsmaterialien:		
2% v. R. 54000 Bauarbeiten R. 1080		
4% „ „ 90000 Maschinen „ 3600		
15% „ „ 36000 Batterien „ 5400	10080.—	0.92
Jährliche Betriebskosten	48930.—	4.47

Es kostet also destilliertes Wasser einschließlich Verzinsung, Amortisation und aller Betriebsausgaben in Rußland

pro russ. Kubikfaden Rbl. 4.47
„ Kubikmeter „ 0.45
„ Kubikfuß „ 0.13

Der Masutpreis von 20 Kopeken pro Pud ist für die heutigen Verhältnisse viel zu niedrig gegriffen, aber es steht zu erwarten, daß nach Eintritt normaler Verhältnisse in Baku der Preis wieder entsprechend sinken wird. Die angesetzten Löhne sind dagegen sehr reichlich bemessen und würden nahezu gleich groß bleiben, wenn die Anlage doppelt und dreifach so groß gebaut würde, wodurch dann der Preis pro Kubikfaden Destillat nicht unbeträchtlich sinkt.

3. Wasserverbrauch der Lokomotiven. Das russische Eisenbahndepartement erließ im März 1896 eine Anfrage an alle staatlichen und privaten Eisenbahnen Rußlands betreffs des Wasserverbrauches für die virtuelle Zugwerst. Das Resultat dieser Rundfrage schwankte zwischen 1,13 und 5,83 Kubikfuß Wasser für jede virtuelle Zugwerst, je nach dem Typ der Lokomotive und der Zusammensetzung des Zuges.

Den geringsten Wasserverbrauch hatten die Güterzüge der Moskau—Kasanbahn mit 3,70 Kubikfuß bei 89 Achsen und

der Südwestbahnen mit 3 Kubikfuß bei 66 Achsen, während den größten Wasserverbrauch die Riga—Oreler Bahn hatte mit 5,83 Kubikfuß bei 68 Achsen (vergl. „Bemerkungen über Wasserversorgungen von Ingenieur J. P. Borsow 1901").

Auf Grund dieser praktisch festgestellten Tatsachen faßte die „Vereinigung der Eisenbahn-Betriebs-Ingenieure" auf den Vortrag des Ingenieurs B. B. Suschtschinsky „Über Normalien der Stations-Wasserversorgung" hin den nachstehenden Beschluß:

„Für jede virtuelle Zugwerst ist anzunehmen 3,5 Kubikfuß für alle Züge, mit Ausnahme der Militärzüge, für diese sind 5 Kubikfuß nötig, unter der Voraussetzung der Zusammensetzung eines Militärzuges aus 50 Waggons (also ca. 100 Achsen)."

Es ergibt sich demnach, daß aus militärischen Rücksichten die Wasserversorgung viel größer gebaut werden muß, als laut wirtschaftlichen Gründen notwendig wäre. Nun wird aber zweifelsohne eine Lokomotive, welche mit destilliertem Wasser gespeist wird, weniger Wasser verbrauchen als eine solche, welche mit hartem Wasser gespeist wird, weil einerseits destilliertes Wasser ruhiger verdampft, also der Dampf trockener sein wird, und weil andererseits zum Auswaschen der Lokomotiven viel weniger Spülwasser verwendet wird. Trotzdem ist in den nachstehenden Berechnungen auch bei Verwendung destillierten Wassers der Verbrauch pro Zugwerst mit 5 Kubikfuß angenommen.

4. Kosten der Lokomotivspeisung mit destilliertem Wasser. Ein Kubikfaden Wasser enthält $7 \times 7 \times 7 = 343$ Kubikfuß, und pro Zugwerst werden benötigt 5 Kubikfuß Wasser, demnach reicht ein Kubikfaden für $343 : 5 = 68{,}6$ Zugwerst. Die Speisung der Lokomotiven mit destilliertem Wasser würde bei dem in Punkt 3 berechneten Preise von 4,47 Rubel pro Kubikfaden $447 : 68{,}6 = 6{,}5$ Kopeken pro Zugwerst kosten. In Wirklichkeit werden diese erheblichen Kosten vermindert durch die Ersparnisse, welche durch die Verwendung des destillierten Wassers zum Speisen möglich werden.

5. Ersparnis durch vermindertes Auswaschen der Lokomotiven. In Rußland erfolgt das Auswaschen der Lokomotiven

bei Speisung mit ungereinigtem Wasser im Mittel auf den meisten Bahnen nach Durchlaufen von 600 Zugwerst, auf der Transkaukasischen Bahn sogar schon nach 400 Zugwerst. Die Kosten betragen für jedes Auswaschen 7 Rubel und der Zeitverlust 24 Stunden. Da jede Lokomotive ferner laut Statistik jährlich im Mittel 28000 Zugwerst leistet, beträgt der jährliche Zeitverlust 28000 : 600 = 47 Tage und die Kosten 47 × 7 = 329 Rubel pro Lokomotive oder 1,175 Kopeken pro Zugwerst.

Wie weiter unten in Punkt 9 berechnet wird, leistet eine mit destilliertem Wasser gespeiste Lokomotive jährlich 36700 Zugwerst, durchläuft demnach zwischen zwei Auswaschungen 36700 : 12 = 3060 Zugwerst.

Bei Speisung mit destilliertem Wasser sind theoretisch keinerlei Auswaschungen nötig; trotzdem soll angenommen werden, daß jede Lokomotive zwölfmal jährlich ausgewaschen wird, also Kosten pro Lokomotive 12 × 7 = 84 Rubel und pro Zugwerst 0,3 Kopeken. Es ergibt sich daraus

eine Ersparnis von 35 Waschungen zu 7 Rubel, also Rubel 245.—
„ „ pro Zugwerst 24500 : 28000 = Kop. 0,875
„ „ für jede Lokomotive an Arbeitstagen . . . . . = 35

6. Ersparnis an kleineren Ausbesserungen der Lokomotiven. Die kleineren Ausbesserungen bestehen hauptsächlich in Ausbesserung von Undichtigkeiten des Kessels und der Armatur. Diese Ausbesserungen kosteten im Mittel in Rußland im Jahre 1901 600 Rubel, aber

auf der Sibirischen Bahn . . . . . Rubel 913.—
„ „ Transkaukasischen Bahn . . „ 679.—
„ „ Südwestbahn . . . . . „ 659.—

und dauerten im Mittel 30 Tage.

Es kann als sicher angenommen werden, daß diese Kosten bei Speisung der Lokomotiven mit reinem destillierten Wasser wesentlich heruntergehen werden, so daß mindestens eintreten wird

eine Ersparnis pro Lokomotive von . . Rubel 300.—
oder „ „ Zugwerst 30000 : 28000 Kop. 1,071
und „ „ Lokomotive an Arbeitstagen 15

7. Ersparnis an großen Ausbesserungen der Lokomotiven. Die großen Ausbesserungen bestehen hauptsächlich im Auswechseln aller Feuerrohre, der Stechbolzen, der Feuerkiste und nicht selten auch im Einbau eines ganz neuen Kessels. Die Lebensdauer des Kessels wird bei Speisung mit destilliertem Wasser sehr erheblich steigen und die Kosten der Ausbesserungen entsprechend sinken, denn an allen feststehenden Kesseln, welche mit besonders weichem Wasser gespeist werden, ist diese Tatsache vielfach nachgewiesen.

Bei Speisung mit schlechtem Wasser kann eine Lokomotive zwischen zwei großen Ausbesserungen nicht mehr leisten als 100000 Zugwerst.

Die Zeit der Außerbetriebsetzung zur gründlichen Ausbesserung beträgt laut Statistik 180 Tage, also pro Betriebsjahr bei der in Punkt 5 erwähnten mittleren Jahresleistung von 28000 Zugwerst $\frac{180 \times 28000}{100000} = 50{,}4$ Tage.

Die Kosten der großen Ausbesserungen betrugen im Jahre 1901 pro Lokomotive:

auf der Sibirischen Bahn	Rubel	8450
„ „ Kursk—Charkow—Sewastopol-Bahn	„	7586
„ „ Transkaukasischen Bahn	„	6170
„ „ Katerinen-Bahn	„	5665

Daher ist für die vorliegende Rechnung die Annahme berechtigt, daß

die große Ausbesserung kostet mindestens Sa.	Rubel	5000
do. pro Zugwerst berechnet 500000 : 100000 =	Kop.	5
do. pro Betriebsjahr 5 Kopeken × 28000 =	Rubel	1400

Bei gutem Speisewasser ist bei Lokomotiven eine Leistung von 250000 Zugwerst zwischen zwei großen Reparaturen nicht selten und ist daher kein Grund vorhanden, diese Leistung bei Speisung mit destilliertem Wasser geringer anzunehmen. Es werden daher die großen Reparaturkosten betragen unter der Voraussetzung, daß eine mit destilliertem Wasser gespeiste Lokomotive jährlich 36700 Zugwerst leisten kann (siehe unten Punkt 9) pro Zugwerst berechnet

$$500000 : 250000 = 2 \text{ Kopeken},$$

d. h. eine Ersparnis pro Zugwerst von $5 - 2 = 3$ Kopeken.

Pro Betriebsjahr ergeben sich die Reparaturkosten für jede Lokomotive zu 2 Kopeken $\times$ 35700 = 734 Rubel.

Die Zeit der Außerbetriebsetzung pro Jahr beträgt dagegen

$$\frac{180 \times 36700}{250000} = 26{,}4 \text{ Tage,}$$

ergibt mithin eine jährliche Ersparnis von

$$50{,}4 - 26{,}4 = 24 \text{ Tagen.}$$

8. Ersparnis an Brennmaterial. Der Wärmeverlust in Kesseln, wenn die Heizfläche mit einer Kesselsteinschicht von 3 mm Stärke bedeckt ist, wird gewöhnlich mit 40 % angenommen.

Im russischen „Berg-Journal" vom Jahre 1880, Juli und August, im Artikel „Schädlicher Einfluß des Kesselsteines" berechnet Konschin theoretisch den Wärmeverlust bei einer Kesselsteinstärke von 3 mm auf 41 % und ebendort auf S. 43 wird eine Tabelle (XIII) gebracht mit vergleichenden Angaben über den Brennmaterialverbrauch auf zwei Strecken der Wladikawkas-Bahn und, zwar auf Strecke Rostow mit schlechtem Wasser und auf Strecke Mineralwasser mit bedeutend besserem Wasser (dessen Güte natürlich an diejenige des destillierten Wassers nicht heranreicht).

Aus dieser auf einjährigen Beobachtungen beruhenden Tabelle ist ersichtlich, daß der mittlere Masutverbrauch pro Lokomotiv-Werst

auf der Strecke Mineralwasser mit gutem Wasser betrug . . . . . Pud 0,507
und auf der Strecke Rostow mit schlechtem Wasser „ 0,703
d. h. Mehrverbrauch an Masut . . . . . 38,6 %

In nachfolgender Berechnung soll zur Vorsicht nur eine Ersparnis an Brennmaterial von 30 % angenommen werden, obgleich die Speisung mit destilliertem Wasser im Verhältnis zur Speisung mit schlechtem Wasser nach obigen Erfahrungen sogar 50 % übersteigen kann; besonders wenn berücksichtigt wird, daß das destillierte Wasser mit beliebig warmer Temperatur in den Tender ohne Preiserhöhung abgeliefert werden kann.

Bei schlechtem Speisewasser kann ein Pud Masut im Lokomotivkessel im Mittel nicht mehr als 12 Pud Dampf entwickeln, daher berechnet sich der theoretische Masutverbrauch

pro Zugwerst wie folgt: 5 Kubikfuß Wasser (welche laut Punkt 3 benötigt werden), wiegen

$$5 \times 69 = 345 \text{ Pfund} = 345 : 40 = 8{,}625 \text{ Pud},$$

demnach ist 8,625 : 12 = Masutverbrauch pro Zugwerst . . . . . Pud 0,719
Bei Masutpreis von 20 Kopeken pro Pud, Kosten pro Zugwerst . . . . . Kop. 14,38
Ersparnis von 30% an Masut pro Zugwerst . . Pud 0,216
„ bei 20 Kopeken Masutpreis pro Zugwerst Kop. 4,32

Dieser Rechnung ist die nicht ganz richtige Annahme zugrunde gelegt, daß die fünf im Mittel pro Zugwerst benötigten Kubikfuß Wasser auch alle fünf im Kessel verdampft werden müssen. Tatsächlich ist also die Rechnung für die Destillieranlage zu günstig. Dagegen sind aber die Anlagekosten für die Destillieranlagen, ebenfalls für den gesamten Wasserverbrauch berechnet, während in Wirklichkeit das vorhandene Rohwasser zum Auswaschen der Lokomotiven und für andere untergeordnete Zwecke direkt verwendet werden kann, wodurch die Bau- und Betriebskosten sich dann verringern.

9. Ersparnisse durch Verminderung der Anzahl der Lokomotiven, der Lokomotivschuppen, der Ausbesserungs-Werkstätten und der Zahl der Angestellten. Als eine direkte Folge der Ersparnis an Zeit beim Auswaschen und Ausbessern der Lokomotiven ergibt sich, daß bei Neubauten die veranschlagte Zahl von Lokomotiven, Lokomotivschuppen, Werkstätten und Betriebspersonal verkleinert werden kann und bei bestehenden Bahnen (wo natürlich eine Verminderung nicht möglich ist) auf längere Zeit Neubeschaffungen unnötig werden.

Aus Punkt 5—8 ist ersichtlich, daß bisher in Rußland eine Lokomotive im Mittel jährlich außer Betrieb gesetzt werden muß

$$47 + 30 + 50{,}4 = 127{,}4 \text{ Tage},$$

also nur arbeitet

$$365 - 127 = \text{rund } 238 \text{ Tage}.$$

Die mittlere tägliche wirkliche Leistung beträgt daher

$$28000 : 238 = 118 \text{ Zugwerst}.$$

Es ist ferner in Punkt 5—8 berechnet worden, daß im

Mittel jede Lokomotive bei Speisung mit destilliertem Wasser jährlich mehr leisten kann

laut	Punkt	5	35	Arbeitstage
„	„	6	15	„
„	„	7	24	„
		Sa.	74	Arbeitstage,

daher kann jede Lokomotive jährlich mehr leisten

$$118 \times 74 = 8700 \text{ Zugwerst},$$

Leistung zusammen $28000 + 8700 = 36700$ Zugwerst oder Mehrleistung in Prozenten ausgedrückt ca. $30\,\%$.

Für eine Bahn mit gleichmäßig über das ganze Jahr verteiltem Betriebe wäre infolgedessen eine Verminderung der Lokomotiven usw. in entsprechendem Verhältnis möglich. Infolge der fast überall wechselnden Stärke des Verkehrs, wodurch zeitweilig viele Lokomotiven frei werden, soll die mögliche Ersparnis nur zu $15\,\%$ angenommen werden.

Das Jahresgehalt der Bedienungsmannschaft einer Lokomotive beträgt jetzt 2200 Rubel oder pro Zugwerst

$$2200 : 28000 = 7{,}857 \text{ Kopeken},$$

bei Speisung mit destilliertem Wasser dagegen

$$2200 : 36700 = 6 \text{ Kopeken}.$$

Mithin Ersparnis pro Zugwerst 1,857 Kopeken.

Die Ersparnis, welche entstehen könnte, durch Verminderung der benötigten Zahl von Lokomotiven, Lokomotivschuppen und Werkstätten, läßt sich für eine bestehende Bahn schwer berechnen, jedoch sind in dem zum Schluß angeführten Beispiele auch diese Ersparnisse berücksichtigt, wobei sich das überraschende Ergebnis zeigt, daß die Kosten des Baues der Destillieranlagen nur halb so groß sind als die direkten Ersparungen an Lokomotiven, Lokomotivständen und Werkstätten.

10. Vergrößerung der Zugkraft der Lokomotiven. Eine vom Kesselstein befreite Lokomotive wird, wie aus Punkt 8 ersichtlich, eine um mindestens $25\,\%$ größere mittlere Zugkraft besitzen als eine mit schlechtem Wasser gespeiste Lokomotive. Infolgedessen kann entweder das Zuggewicht oder aber die Zuggeschwindigkeit oder teilweise beides entsprechend erhöht

werden. Die Zahl der von der Lokomotive zu leistenden Pudwerst kann also um 25% gesteigert werden, trotzdem die durchschnittlichen Kosten pro Zugwerst nahezu dieselben bleiben.

Wenn nun die Kosten pro Zugwerst jetzt betragen 30 Kopeken, so kann davon angenommen werden als verhältnismäßige Ersparnis 20%, also pro Zugwerst 6 Kopeken, unter der Annahme, daß die volle Mehrleistung der Maschine dauernd ausgenutzt werden könnte. Da dieses schwerlich der Fall sein wird, soll nur die Hälfte der Ersparnis angenommen werden, also pro Zugwerst 3,0 Kopeken.

Entsprechend der Verminderung der Zugzahl verringert sich auch die Zahl der benötigten Lokomotiven um mindestens weitere 10% über die bereits in Punkt 5 festgesetzte Zahl.

Wie schon zum Schluß des Punktes 9 gesagt, sind diese Vorteile in der bisherigen Weise schwer zu berechnen und sind daher in der nachfolgenden Tabelle nur die Resultate der Punkte 5—8 voll, der Punkt 9 nur teilweise und Punkt 10 überhaupt nicht aufgenommen.

11. Tabellarische Zusammenstellung der Vorteile beim Speisen der Lokomotiven mit destilliertem Wasser.

Punkt Nr.	Leistung einer Lokomotive	Speisung mit schlecht. Wasser	Speisung mit destilliert. Wasser	Unterschied zugunsten d. destilliert. Wassers
		Zugwerst	Zugwerst	Zugwerst
5	Zwischen zwei Auswaschungen .	600	3 060	2 460
7	Zwisch. zwei groß. Ausbesserung.	100 000	250 000	150 000
9	Im Mittel täglich	118	118	—
9	Im Mittel jährlich	28 000	36 700	8 700
	Jährl. Zeitverlust pro Lokomot.	Tage	Tage	Tage
5	Für Auswaschen	47	12	35
6	Für kleine Ausbesserungen . .	30	15	15
7	Für große Ausbesserungen . .	50,4	26,4	24
9	Zeitverlust insgesamt	127,4	53,4	74
9	Wirkliche Arbeitszeit jährlich .	237,6	311,6	74

Punkt Nr.	Leistung einer Lokomotive	Speisung mit schlecht. Wasser	Speisung mit destilliert. Wasser	Unterschied zugunsten d. destilliert. Wassers
	Kosten pro Lokomotive jährlich	Rubel	Rubel	Rubel
5	Der Auswaschungen	329.—	84.—	245.—
6	Kleinen Ausbesserungen . . .	600.—	300.—	300.—
7	Großer Ausbesserungen . . .	1400.—	734.—	666.—
	Kosten pro Zugwerst	Kopeken	Kopeken	Kopeken
5	Der Auswaschungen	1,175	0,300	0,875
6	Kleiner Ausbesserungen . . .	2,142	1,071	1,071
7	Großer Ausbesserungen . . .	5,000	2,000	3,000
8	Des Masutverbrauches . . .	14,380	10,060	4,320
9	Der Lokomotiv-Mannschaft . .	7,857	6,000	1,857
	Summe d. Ausgaben u. der Ersparnis pro Zugwerst in Kopeken:	30,554	19,431	11,123

Laut dieser Zusammenstellung ergibt sich, daß die Ersparnis bei Verwendung destillierten Wassers zum Speisen der Lokomotiven pro Zugwerst beträgt 11,123 Kopeken, während die Kosten für das destillierte Wasser selbst laut obigem Punkt 4 nur 6,5 Kopeken betragen können. Die Vorteile, welche entstehen durch Verminderung der Anzahl der Lokomotiven, Lokomotivschuppen, Ausbesserungs-Werkstätten und durch Vergrößerung der Zugkraft der Lokomotiven sind in diesem Resultat noch nicht berücksichtigt.

Es soll daher nachfolgendes Beispiel unter Zugrundelegung bestimmter Ziffern berechnet werden.

12. Beispiel. Es ist ein vergleichender Kostenanschlag und Rentabilitäts-Berechnung aufzustellen für eine neu zu erbauende Bahnlinie, welche imstande sein soll zu leisten jährlich 56 Milliarden Pudwerst, gleich jährlich ca. 920000000 Tonnenwerst, wobei vorausgesetzt wird, daß auf der ganzen Linie nur schlechtes Speisewasser für die Lokomotiven vorhanden ist.

In Spalte A sind auf Grund der früheren Untersuchungen die Ziffern eingesetzt für eine Bahnlinie mit Rohwasser-Versorgung.

In Spalte B sind die entsprechenden Ziffern eingesetzt für eine Bahnlinie mit Betrieb von Destillieranlagen.

a) Allgemeines	A.	B.
1 Lokomotive leistet jährlich Zugwerst .	28 000	36 700
Die mittlere Netto-Zuglast betr. in Pud . .	20 000	25 000
1 Lokomotive leistet jährlich Pud . . .	560 000 000	917 500 000
In Summa sind jährl. zu leisten in Zugwerst	2 800 000	2 240 000
Erforderliche Anzahl Lokomotiven . . .	100	61
Erforderliche Anzahl Lokomotivstände .	50	30

b) Vergleich des Anlagekapitals	Kapital in Rbl.	Ersparnis in Rbl.
Beschaffungskosten der Lokomotiven.		
A. 100 Lokomotiven zu Rbl. 30 000	3 000 000	
B. 61 „ „ „ 30 000	1 830 000	1 170 000
Baukosten für Lokomotivstände.		
A. 50 Stände zu Rbl. 4 500.—	225 000	
B. 30 „ „ „ 4 500.—	135 000	90 000
Baukosten für Lokomotiv-Werkstätten ($^1/_2$ der Kosten für Lokomotivstände).		
A. für 100 Lokomotiven Sa.	112 500	
B. „ 60 „ „	67 500	45 000
Anlagekapital und Ersparnis		
A. für 100 Lokomotiven und Zubehör	3 337 500	
B. „ 61 „ „ „	2 032 500	1 305 000

Von dieser Ersparnis am Anlagekapital müssen die Kosten für den Bau der Destillieranlagen abgezogen werden.

Laut Punkt 9 leistet eine mit destilliertem Wasser gespeiste Lokomotive jährlich im Mittel 36 700 Zugwerst, während ein Kubikfaden Wasser laut Punkt 4 für 68,6 Zugwerst ausreicht. Jede

Lokomotive verbraucht daher 36 700 : 68,6 = 535 Kubikfaden Wasser jährlich und 61 Lokomotiven zusammen 32 635 Kubikfaden. Laut Punkt 2 A betragen die Anlagekosten zur Erzeugung von einem Kubikfaden destillierten Wassers im Mittel Rbl. 16.50, mithin für 32 635 Kubikfaden zu Rbl. 16.50 Anlagekosten Summa R. 538 477 50

Mithin Unterschied des Anlagekapitals zugunsten der Wasser-Destillieranlagen R. 766 522 50

Es ergibt sich aus obiger Rechnung die überraschende Tatsache, daß durch die Ersparnis an Lokomotiven, Lokomotivständen und Werkstätten nicht allein die Kosten für den Bau der Wasser-Destillieranlagen gedeckt werden, sondern noch eine erhebliche Ersparnis an Anlagekapital vorhanden ist. Infolgedessen wäre es sinngemäß, in dem nachfolgenden Vergleich der Betriebskosten die Kosten für Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals der Destillieranlagen fortfallen zu lassen; es ist jedoch auf diesen nicht unerheblichen Umstand keine Rücksicht genommen worden, weil auch ohne dies das Ergebnis zugunsten des destillierten Wassers entscheidet.

c) Vergleich der Betriebskosten. Die Ersparnisse der Speisung mit destilliertem Wasser berechnen sich wie folgt:

Kosten des Auswaschens der Lokomotiven laut Punkt 5.

A. 100 Lokomotiven zu Rbl. 329.— Rbl. 32 900.—
B. 61 „ „ „ 84.— „ 5 124.— Rbl. 27 776.—

do. kleiner Ausbesserungen laut Punkt 6.

A. 100 Lokomotiven zu Rbl. 600.— Rbl. 60 000.—
B. 61 „ „ „ 300.— „ 18 300.— Rbl. 41 700.—

do. großer Ausbesserungen laut Punkt 7.

A. 100 Lokomotiven zu R. 1400.— R. 140 000.—
B. 61 „ „ „ 734.— „ 44 774.— Rbl. 95 226.—

do. des Masutverbrauches laut Punkt 8.

A. 2 800 000 Zugwerst zu 14,38 Kop. = R. 402 640.—
B. 2 240 000 „ „ 14,38 „ = „ 322 112.— Rbl. 80 528.—

Kosten der Bedienungs-Mannschaft.

A. 100 Lokomotiven zu Rbl. 2200.— Rbl. 220 000.—
B. 61 „ „ „ 2200.— „ 134 200.— Rbl. 85 800.—

Betriebskosten insgesamt.

A. 100 Lokomotiven . . . Rbl. 856 540.—
B. 61 „ . . . „ 524 510.— Rbl. 331 030.—

Es ergibt sich mithin ein erheblicher Betriebsüberschuß zugunsten des destillierten Wassers, wovon die Kosten des Verbrauches an destilliertem Wasser abzuziehen sind, wie folgt:

61 Lokomotiven verbrauchen laut Punkt 12 je 535 Kubikfaden Wasser jährlich, in Summa 32 635 Kubikfaden, deren Kosten laut Punkt 2 betragen je Rbl. 4.47, also Rbl. 145.858.45

Der Betriebsüberschuß beträgt demnach Rbl. 185 171.55 zugunsten des Speisens der Lokomotiven mit destilliertem Wasser.

13. Schlußbemerkungen. Das Ergebnis der obigen Untersuchungen ist außerordentlich interessant und wichtig, indem mit Sicherheit festgestellt ist, daß die Speisung der Lokomotiven mit destilliertem Wasser sowohl bezüglich des Anlagekapitals als auch bezüglich der Betriebskosten wesentlich günstiger ist als das Speisen mit schlechtem harten Wasser.

In den Berechnungen sind naturgemäß nicht alle Zahlen unanfechtbar, aber wie auch dieselben gedreht werden mögen, es muß sich immer ein für das destillierte Wasser günstiges Resultat ergeben.

Es wäre interessant, wenn vergleichende Rechnungen unter Berücksichtigung nichtrussischer Verhältnisse angestellt würden und gleichzeitig einige unsichere Punkte, wie beispielsweise das Verhältnis der Verdampfungsfähigkeit und Zugkraft der Lokomotiven durch praktische Versuche festgestellt würden, wozu die neuerdings erbauten Lokomotiv-Prüfungsstationen in verschiedenen Ländern wohl geeignet sein dürften.

Es könnte wohl vermutet werden, die Wasser-Destillieranlagen durch chemische Reinigung des Wassers zu ersetzen, jedoch ist diese Vermutung unbegründet, und zwar:

a) weil die chemische Reinigung nicht alle schädlichen Bestandteile entfernen kann und daher die Bildung von Schlamm und Kesselstein nicht verhindert, sondern nur vermindert wird; die Notwendigkeit des Auswaschens, der Zeitverlust und Verderben des Kessels wird nicht vermieden,

b) weil nur bei schärfster täglicher Kontrolle durch einen Fachmann die chemische Wasserreinigung einigermaßen zufriedenstellende Resultate ergibt,

c) weil die chemische Reinigung verschiedene Salze und andere Bestandteile, welche die Lokomotivkessel angreifen, nicht beseitigen kann,

d) weil die chemische Reinigung sehr harten Wassers durch den enormen Verbrauch an Chemikalien teurer wird als das Destillieren.

14. Aufzählung in Rußland ausgeführter großer Destillieranlagen für Eisenbahnzwecke. Wie weit diese Frage in Rußland vorgeschritten ist, wird am besten zu ersehen sein aus einer Aufzählung der bereits ausgeführten Anlagen.

Die erste Destillieranlage für Eisenbahnzwecke wurde für die Wladikawkasbahn auf der Station Kuschtschewka von Ingenieur N. F. Jagn im Jahre 1897 erbaut für eine Leistung von 16 Kubikfaden = 155 cbm täglich. Diese Anlage wies als erste viele Mängel auf, brannte nach einigen Monaten Betriebszeit ab und wurde nicht wieder aufgebaut.

Die zweite Eisenbahn-Destillieranlage, welche vom Eisenbahnministerium für die Mittelasiatische Bahn für eine Leistung von 30 Kubikfaden = 291 cbm Destillat täglich erbaut wurde und bis heute, wenn auch mit verringerter Leistung, im Betriebe ist, wurde in Krasnowodsk am Kaspischen Meere für Masutheizung erbaut 1897 vom Ingenieur N. F. Jagn. Diese Anlage ist heute gänzlich veraltet und ist nicht zu verwechseln mit den zwei Trinkwasser-Destillieranlagen, welche später von Jagn-Koppel in Krasnowodsk gebaut wurden.

Die dritte Destillieranlage für Eisenbahnzwecke wurde erbaut 1901 für Kohlenheizung vom Ingenieur Jagn auf Station Grischino der Jekaterinenbahn für eine Leistung von 16 Kubikfaden = 155 cbm destillierten Wassers täglich und nach einem ganz neuen System, welches sich aber bei Inbetriebsetzung als vollständig verfehlt erwies.

Die vierte Anlage für Versorgung von Lokomotiven mit destilliertem Wasser wurde 1902 von der Aktiengesellschaft „Arthur Koppel" gemeinsam mit dem Ingenieur Jagn erbaut für die Station Utsch-Adshi der Mittelasiatischen Eisenbahn für eine Leistung von 20 Kubikfaden = 194 cbm täglich. Diese Anlage stand fertig montiert mehrere Jahre, konnte aber nicht probiert werden, weil zunächst zur Probe kein Rohwasser vorhanden war, und nachdem dieses mit Hilfe von Brunnen in genügender Menge beschafft war, es sich herausstellte, daß die Härte des Wassers nicht 96° französischer Skala betrug, wie den Lieferanten bei Bestellung mitgeteilt, sondern drei- bis viermal mehr. Die hieraus sich ergebenden Schwierigkeiten sind die Ursache, daß diese Destillieranlage erst im Sommer 1906 endgültig von der Regierung übernommen wurde, nachdem sich nach mehrwöchentlicher Prüfung ergeben hatte, daß die Anlage wesentlich günstigere Resultate ergab, als laut Vertrag gefordert werden konnte.

Die fünfte Destillieranlage für Lokomotiven und für 20 Kubikfaden = 194 cbm täglicher Leistung wurde vom Eisenbahnministerium in eigener Regie erbaut 1904, ebenfalls in Utsch-Adshi, nach den Zeichnungen des Technikers Tschernoff (eines früheren Angestellten Jagns). Die Prüfungsresultate ergaben die vollständige Unbrauchbarkeit dieser Anlage und diese ist daher nicht in regelmäßigen Betrieb genommen.

Die sechste Destillieranlage für Eisenbahnbetrieb wurde vom Ministerium der Firma Krug in St. Petersburg übertragen für eine Leistung von 20 Kubikfaden = 194 cbm täglich und in Krasnowodsk im Jahre 1905 erbaut. Der Probebetrieb ergab, daß die vertraglich vereinbarten Leistungen nicht eingehalten werden konnten, und soll daher diese Anlage noch nicht in dauernden Betrieb genommen worden sein.

Die russischen Destillieranlagen, soweit dieselben für Eisenbahnzwecke erbaut sind, haben laut obiger Aufzählung prak-

tische große Erfolge bedauerlicherweise noch nicht aufzuweisen. Bei dem russischen Eisenbahnministerium hat anscheinend bisher die Meinung geherrscht, daß es besser sei, zunächst recht viele verschiedene Systeme in verschiedenen Orten auszuprobieren, während es wohl richtiger gewesen wäre, eine kleinere Bahnlinie mit schlechtem Wasser durchweg mit Destillieranlagen eines bewährten Systems zu versehen, weil erst dann die wichtigen prinzipiellen Fragen hätten Aufklärung finden können. Es wäre sehr wünschenswert, daß die russische Regierung auf dem eingeschlagenen Wege weitergeht und diese für den gesamten Eisenbahnbetrieb hochwichtige Frage energisch weiterverfolgt. Aber auch andere Länder sollten in die Fußstapfen Rußlands treten und unter Benutzung der dort gewonnenen Erfahrungen die Erbauung von Probeanlagen in Angriff nehmen.

IV. Die Trinkwasser-Destillieranlagen von Baku.

1. Verschiedene Möglichkeiten der Wasserbeschaffung. Die am Kaspischen Meere gelegene Stadt Baku von zirka 200000 Einwohnern leidet außerordentlich durch Mangel an Süßwasser, weil atmosphärische Niederschläge selten, Flüsse oder gute Quellen in der Nähe nicht vorhanden sind und Brunnen sowie Bohrungen mehr oder minder nur salzhaltiges Wasser ergeben.

Diese schweren Verhältnisse haben dazu geführt, daß in Baku für die Wasserversorgung fünf verschiedene Wassersorten herangezogen werden, und zwar:

a) Seewasser des Kaspischen Meeres von 289° Härte nach deutscher Skala und 5400 Milligramm Kochsalzgehalt pro Liter. Dieses Wasser ist für die meisten Zwecke unbrauchbar und wird nur für ganz untergeordnete Zwecke verwendet.

b) Brunnenwasser. Es sind in der Stadt Baku eine große Anzahl von offenen Brunnen verhanden, deren Wasser eine Härte von 30—60° hat und einen Kochsalzgehalt von 4000—6000 Milligramm pro Liter. Dieses Wasser enthält außerdem besonders viele gesundheitsschädliche Keime, weshalb ein großer Teil der Brunnen von der Behörde bereits geschlossen wurde, während der Rest vorläufig noch den Bedürfnissen des ärmsten Teiles der mohammedanischen Bevölkerung dient.

c) Flußwasser. In Tankdampfern. insbesondere aber in Zisternenwaggons auf der Eisenbahn, wird das Wasser aus dem 110 Werst entfernten Fluß Kura herbeigeschafft, wobei die Filtrierung des meist sehr trüben und algenreichen Wassers

nur recht mangelhaft ausgeführt wird oder meistens ganz unterbleibt. Dieser dauernd ausgeübte Notbehelf zeigt, in welcher Bedrängnis die Stadt wegen Beschaffung des Wassers ist.

d) Quellwasser. In einer Entfernung von 25 Werst von der Stadt Baku befinden sich die sogenannten Sagulbaquellen, welche den Naphthabezirk mit Trinkwasser versorgen. Dieses Wasser hat 26° Härte, 300 Milligramm Kochsalzgehalt und ist laut Analyse gesundheitsschädlich. Trotzdem wird das gesamte nicht örtlich verwendete Wasser nach Baku geleitet, in einer Menge von 20000 Eimern (250 cbm) täglich, und dort meistens mit destilliertem Wasser vermischt, um es unschädlicher zu machen.

Projekte für eine großartige Wasserversorgung nach europäischem Muster sind schon vielfach ausgeführt, aber immer wieder zurückgelegt, weil einigermaßen brauchbares Wasser nur in einer Entfernung von 100—200 Kilometer aufzufinden ist und daher die Bau- und Betriebskosten zu hoch werden.

e) Destilliertes Wasser. In den neunziger Jahren erbaute die Stadt Baku eine Seewasser-Destillieranlage für eine Leistung von 25000 Eimern (300 cbm) täglich, welche jedoch pro Pud Masut nur 10—12 Eimer Wasser lieferte, d. h. pro Kilogramm Masut nur 9 Liter Wasser.

In diese Zeit fiel gerade der Aufschwung in der Naphthaindustrie, durch welche das frühere vielfach als wertlos ins Meer abgelassene Masut (Naphtharückstände bei Verarbeitung auf Benzin oder Petroleum) enorm im Preise stieg, so daß der Selbstkostenpreis für einen Eimer (12,3 Liter) destilliertes Wasser auf über 2 Kopeken stieg.

Als 1898 der Ingenieur N. F. Jagn zusammen mit der Aktiengesellschaft „Arthur Koppel“ in Petersburg eine Konzession von der Stadt Baku auf die Erbauung einer wirtschaftlichen Anlage erbat, wurde dieselbe erteilt unter folgenden Hauptbedingungen:

Vertragliche größte Leistung täglich 75000 Eimer = 922 cbm
Garantiertes Mindestquantum täglich 60000 „ = 738 „
Garantierter Wasserpreis 0,7 Kop. pro Eimer = R. 5.53 pro cbf*)
„ Masutpreis 10 „ „ Pud f. jede 70 Eimer Wasser.

*) ca. M. 1,20 pro cbm.

Diese Anlage arbeitet seit 1899 bis heute in eigener Regie der Aktiengesellschaft „Arthur Koppel“ und sind auf den Erfahrungen im praktischen Betriebe dieser Anlage die weiteren Vervollkommnungen im Bau von Destillieranlagen aufgebaut worden.

2. Höhe des Wasserverbrauches. Das von der Destillieranlage gelieferte tägliche Wasserquantum macht, auf den Kopf der Bevölkerung verteilt, nur etwas über 4 l aus, also lächerlich wenig im Verhältnis zum Wasserverbrauch europäischer Städte.

Dieser geringe Wasserverbrauch wird erklärt dadurch:

a) daß in Baku die Bevölkerung zum größten Teil aus Mohammedanern besteht, welche das destillierte Wasser als „totes Wasser“ zum Trinken oder Kochen nicht benutzen, so daß als eigentliche Verbraucher nur die christliche Bevölkerung übrig bleibt;

b) daß das destillierte Wasser den ärmeren Teilen der Bevölkerung zu teuer ist, indem dasselbe zu 1—3 Kopeken pro Eimer verkauft wird;

c) daß das Wasserrohr-Verteilungsnetz nur sehr unvollkommen ausgebaut ist, so daß nur die Minderzahl der Häuser direkten Anschluß an die Wasserleitung hat, wodurch erfahrungsgemäß der Wasserverbrauch erheblich sinkt;

d) daß das fertige vollständig klare und farblose Destillat in den städtischen Röhren viel Eisen aufnimmt, dadurch rot gefärbt und unappetitlich wird. Das allgemeine Einführen von Hausfiltern oder besser der Einbau von emaillierten Wasserleitungsröhren ist in Aussicht genommen, wodurch dann die lästige Färbung des Wassers fortfällt;

e) daß außer dem destillierten Wasser für untergeordnete Zwecke auch noch andere Wasserarten zur Verfügung stehen, wie unter Punkt 1 ausgeführt.

Der jährliche Verbrauch der Stadt in den letzten Jahren stellt sich wie folgt:

1900 : 18618816	Eimer	= 233000	cbm
1901 : 20123050	„	= 252000	„
1902 : 19464268	„	= 244000	„
1903 : 21290969	„	= 263000	„

1904 : 23392385 Eimer = 292000 cbm
1905 : 21831530 „ = 273000 „
1906 : 22382696 „ = 280000 „

Der Rückschlag des Jahres 1905 in der fortschreitenden Entwicklung wurde hervorgerufen durch die politischen und wirtschaftlichen Unruhen.

Im Jahre 1907 ist der Verbrauch wieder stark gestiegen und wird voraussichtlich 320000 cbm betragen.

3. Güte des destillierten Wassers. Die normale Zusammensetzung des gelieferten destillierten Wassers ist wie folgt:

Trockener Rückstand bei 120° . . .	0,078 g im Liter
„ „ nach dem Glühen	0,058 „ „ „
Chlorgehalt	0,027 „ „ „
Schweflige Säure SO_3	0,004 „ „ „
Calciumoxyd CaO	0,006 „ „ „
Magnesiumoxyd MgO	0,005 „ „ „
Härte in deutschen Graden	1,3°

Diese Zusammensetzung ist um so bemerkenswerter, als das zur Verfügung stehende Seewasser, wie bereits oben gesagt, nicht allein außerordentlich hart und salzig, sondern auch sehr stark von Erdöl und Masut verunreinigt ist.

Die Temperatur des fertigen Destillates liegt 10° über der Temperatur des Seewassers, und da letzteres im Sommer bis auf 25° steigt, wird das Destillat zuweilen mit 35° abgeliefert, aber dann in den Reservoiren weiter gekühlt und in den Häusern mit Hilfe der bekannten porösen Tontöpfe auf Trinkwasser-Temperatur gebracht.

4. Beschreibung der Anlage. Die Seewasser-Destillieranlage von Baku, die größte Anlage der Welt, liegt unmittelbar am Ufer des Kaspischen Meeres. Die Wirkungsweise und Konstruktion der Einzelteile ist genau dieselbe, wie bereits näher ausgeführt, und besteht die Anlage aus:

fünf selbständigen Destillierapparaten von je neunfacher Verdampfung und je 32000 Eimer größter täglicher Leistung, sowie

einer gemeinsamen Dampfkessel- und Pumpanlage, welche gegenüber den früheren Beschreibungen nichts Neues bieten.

Bemerkenswert ist dagegen die Entkupferung und nachfolgende Enteisenung des Wassers.

Bei der großen aus Kupfer bestehenden Verdampf- und Kühlfläche stellte es sich heraus, daß das fertige Destillat kaum mit Sicherheit feststellbare Kupferspuren enthielt.

Trotzdem nach den neuesten Forschungen Spuren von Kupfer in vielen als unschädlich bekannten Wässern enthalten sind, auch solche Kupferspuren dem menschlichen Organismus keineswegs schädlich sind, verlangte die Stadt Baku die Entfernung des Kupfers aus dem Wasser.

Um diesen Zweck zu erreichen, wird neuerdings das Destillat durch einen mit eisernen Dreh- und Hobelspänen gefüllten Kessel gedrückt, wobei das Kupfer aus dem Wasser ausgeschieden und durch Eisen ersetzt wird. Das entkupferte Wasser wird nunmehr enteisenet, indem das Wasser innig mit atmosphärischer Luft gemischt wird, wobei sich das im Wasser unlösliche Eisenoxydoxydul bildet. Letzteres scheidet sich in Form roter Flocken aus und wird auf einem Sandfilter entfernt, worauf das destillierte Wasser gebrauchsfertig ist.

Anhang.

Literatur über Destillieranlagen.

A. Literatur in deutscher und englischer Sprache.

Die chemische Technologie des Wassers. Von Dr. Ferdinand Fischer, Hannover. Braunschweig 1880.

Die Reinigung des Kesselspeisewassers. Bearbeitet von Eugen Heidepriem, Berlin 1899. (Schriften des Vereins deutscher Revisions-Ingenieure, Nr. 1.)

Verdampfen, Kondensiren und Kühlen. Von E. Hausbrand, Berlin 1899.

Über den Wärmedurchgang durch Heizflächen. Von L. Holborn und W. Dittenberger (Mitteilung aus der Physikalisch-technischen Reichsanstalt). Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 50 vom 15. Dez. 1900.

Report of a six-day trial of the „Lillie" multiple-effect distilling plant at Dry Tortugas, January 13 to 20, 1900. Von Crank. (Journ. Am. Soc. Nav. Eng. Febr. 1900, S. 85—99, vgl. auch Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1900, Nr. 14, S. 452.)

Tests of a Multiple-Effect Evaporator. („The Engineering Record" vom 27. April 1901.)

Die Wärmeübertragung bei der Verdampfung von Wasser und von wässerigen Lösungen. Von Dr. H. Claassen, Dormagen. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 12 vom 22. März 1902.)

Über den Wärmedurchgang durch Heizflächen. Von L. Austin. (Mitteilung aus der Physikalisch-technischen Reichsanstalt.) Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 50 vom 15. Dez. 1902.

Die Unfallverhütung im Dampfkesselbetriebe. Bearbeitet von den Ingenieuren C. Heidepriem, P. Hosemann, K. Specht und C. Zimmermann, Berlin 1902. (Schriften des Vereins deutscher Revisions-Ingenieure Nr. 4.)

H. M. Distilling Ship „edgewater". („Engineering" 23. Okt. 1902.)

Die Wirkungsweise der Rectificir und Destillirapparate. Von E. Hausbrand, 2. Aufl. Berlin 1903.

Evaporator for the steam yacht „North star". („Engineering" 8. Mai 1903.)

A series distilling apparatus of high efficiency. By W. F. M. Goß, M. Am. Soc. M. E. („Engineering news" 17. Dez. 1903, S. 543 u. 547.)

Die Spannung des Wasserdampfes über 100°. Von H. F. Wiebe. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 9 vom 27. Febr. 1904).

Über neuere Heizkörper zum Erwärmen und Verdampfen von Flüssigkeiten. Bericht Hr. Hermann. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 42 vom 15. Okt. 1904).

Water Distilling Plants, for Egypt. („The Engineer" of 4th March 1904).

Die kalorischen Eigenschaften des Wassers und seines Dampfes bei hoher Temperatur. Von C. Dieterici. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 9 vom 4. März 1905).

Die thermischen Eigenschaften des gesättigten und des überhitzten Wasserdampfes zwischen 100° und 180° C. Von Osc. Knoblauch, R. Linde und H. Klebe. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 42 vom 21. Okt. 1905).

Die thermischen Eigenschaften des gesättigten und des überhitzten Wasserdampfes zwischen 100° und 180° C. Von Linde. (Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. Nr. 43 vom 28. Okt. 1905).

Über die Untersuchung und das Weichmachen des Kesselspeisewassers. Von Ing. mech. Edmund Wehrenfennig, Wiesbaden 1907.

B. Literatur in russischer Sprache.

a) Aus der Zeitschrift „Shelesnodoroshnoje Delo" (Eisenbahnangelegenheit), herausgegeben von der Kaiserlich russischen Technischen Gesellschaft in St. Petersburg, seien hier erwähnt nur die wichtigsten Artikel:

Nr. 47 und Nr. 48 vom Jahre 1898 über: Destillierapparate, System Jagn. Von W. K. Orlowski.

Nr. 31 vom Jahre 1898 über: Vorzüge des nach Verfahren Jagn destillierten Wassers für Lokomotiven.

Nr. 42 vom Jahre 1899 über: Bau der Wasserversorgung in Bau befindlicher Eisenbahnlinien.

Nr. 11 vom Jahre 1900 über: Die Frage der Wasserversorgung für Eisenbahnen.

Nr. 44 vom Jahre 1902 über: Destillieranlagen. Von Ingenieur Zimbalenko.

Nr. 27 und Nr. 28 vom Jahre 1903 über: Bedeutung der Anwendung des destillierten Wassers zum Speisen von Lokomotiven. Von Ing. N. F. Jagn.

Nr. 27 und Nr. 28 vom Jahre 1903 über: Die Verlegung des Eisenbahnstranges in wasserlosen Gegenden. Von Ing. K. W. Kaschkin.

Nr. 35 und Nr. 36 vom Jahre 1903 über: Bemerkungen über die Wasserversorgung von Eisenbahnen in wasserlosen Gegenden, insbesondere der Eisenbahn Orenburg-Taschkent. Von Ing. Feldt.

Nr. 16 vom Jahre 1905 über: Die Verwendung von Destillieranlagen für den Bau der Astrachan-Bahn. Von Ing. Frolow und Bemerkungen dazu von Ing. Tannenbaum.

Nr. 4 vom Jahre 1906 über: Neues Prinzip der Wasserversorgung. Von Ing. Feldt.

Nr. 6 vom Jahre 1906 über: Versuch einer wirtschaftlichen Bewertung der Wasserversorgung mit Bezug auf die Anzahl und Betriebszeit der Lokomotiven, sowie auf die Betriebsausgaben. Von Ingenieur E. L. Elkin.

b) Neues Prinzip der Wasserversorgung für Eisenbahnen. Von Ing. W. W. Feldt, St. Petersburg 1901.

c) Zeitschrift „Ingenieur" 1903 Nr. 4—7 über: Eigenschaften von Destillieranlagen vielfacher Verdampfung. Von Ing. M. Wassilowski.

d) Zeitschrift „Naphtha-Angelegenheit", Baku 15. Nov. 1904, S. 1944—1965 über Wasserversorgung der Stadt Baku und der städtischen Wasser-Destillieranlage. Von Ing. K. Chatissow.

e) Versuch einer wirtschaftlichen Bewertung der Wasserversorgung, mit Bezug auf die Anzahl und Betriebszeit der Lokomotiven, sowie auf die Betriebsausgaben. Chemische Reinigung und Destillieranlagen. Von Ing. L. L. Elkin, St. Petersburg 1907.

Abbildungen ausgeführter Anlagen.

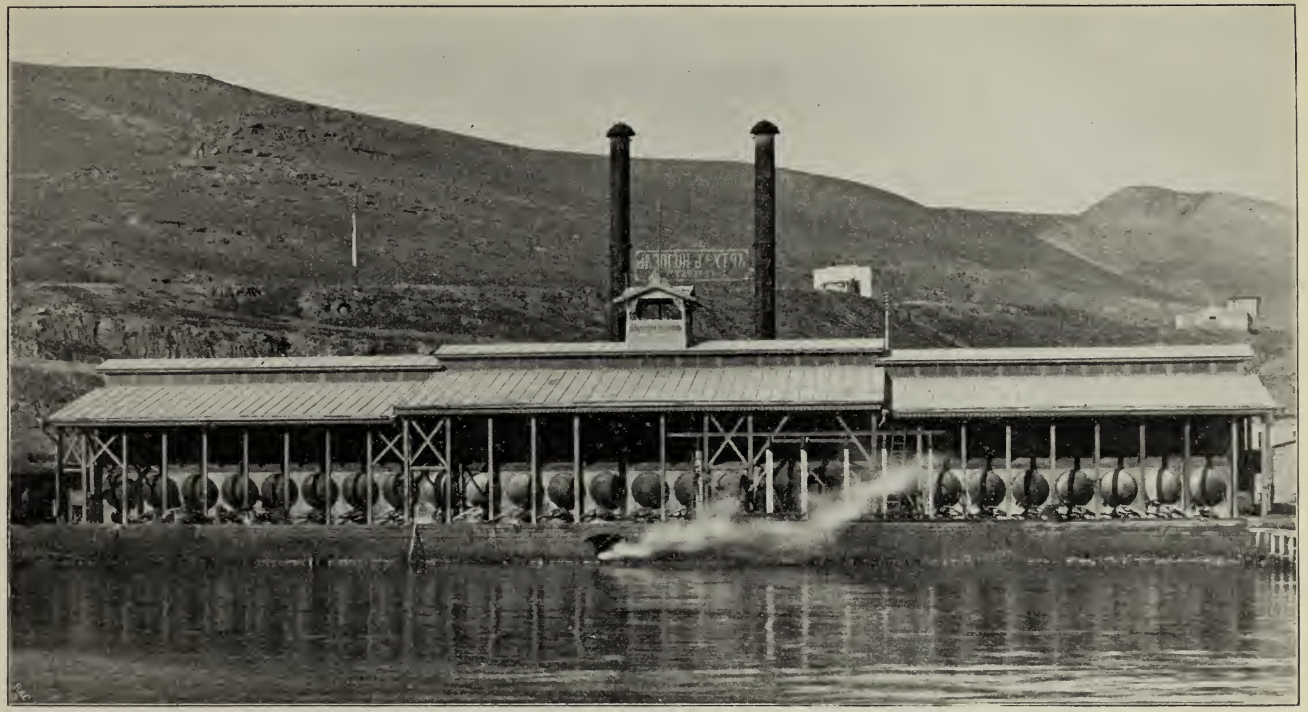


Abb. 1. Gesamtansicht der Anlage in Baku vom Meere aus gesehen.

UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY
OF THE

Abb. 2. Gesamtansicht der Anlage in Baku vom Lande aus gesehen.

Abb. 3. Innenansicht der Anlage in Baku.

UNIVERSITY OF ILLINOIS

Abb. 4. Außenansicht der Anlage in Krasnowodsk.

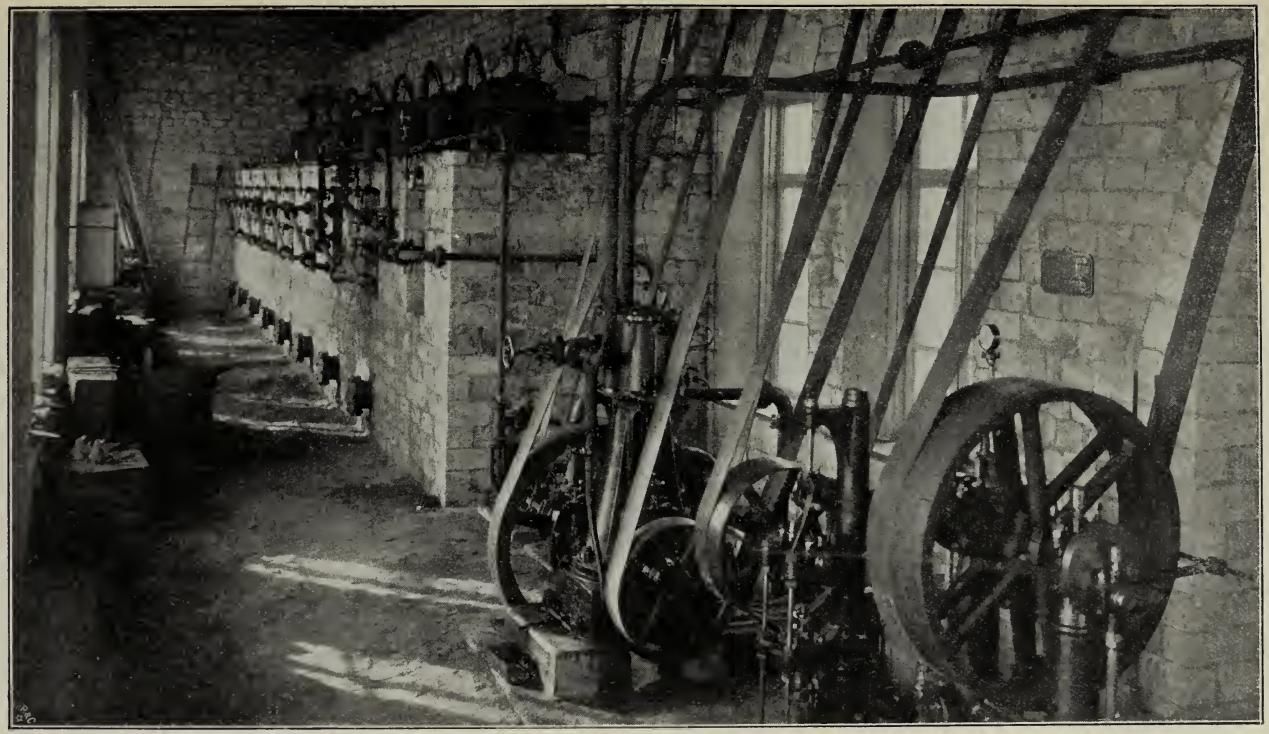


Abb. 5. Innenansicht der Anlage in Krasnowodsk.

LIBRARY OF THE UNIVERSITY of ILLINOIS

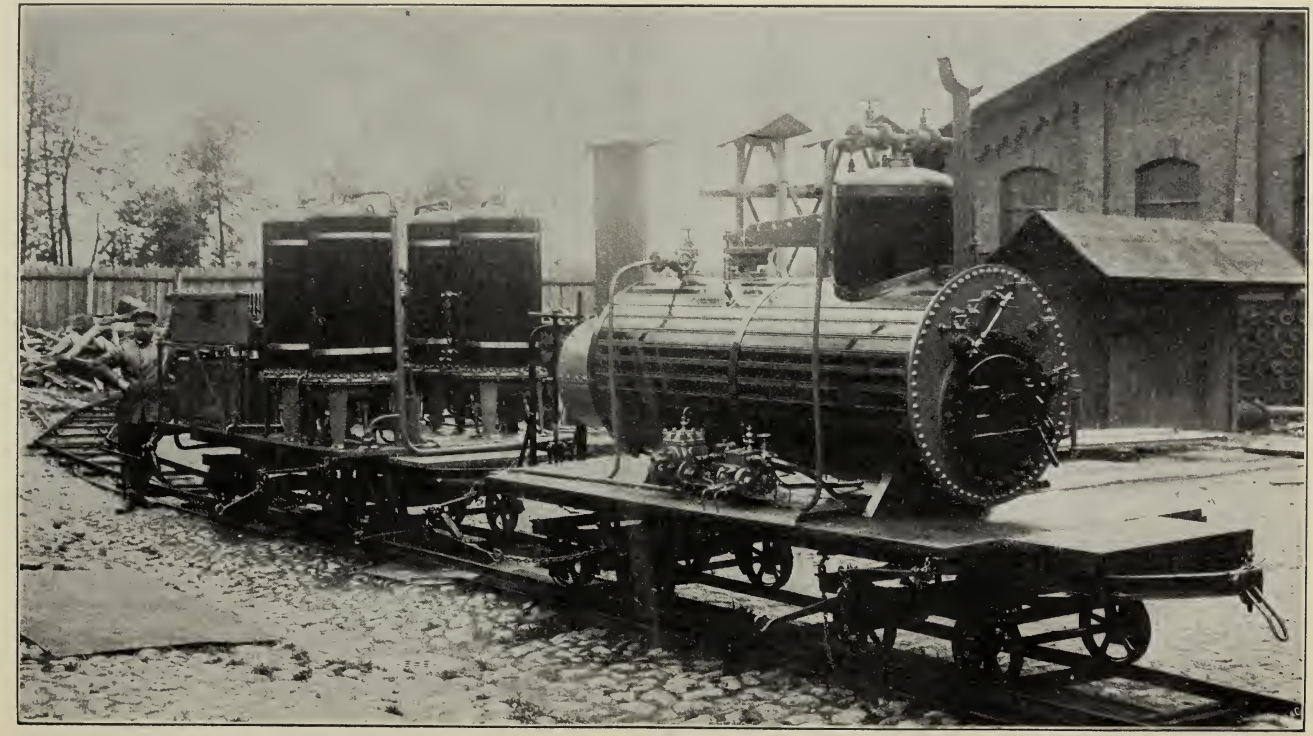


Abb. 6. Fahrbare Destillieranlage für Kriegszwecke.

Tabellarische Übersicht der bisher in Rußland erbauten Wasser-Destillieranlagen (System Jagn-Koppel).

Jahr und Ort der Erbauung, sowie Zweck und Bauart der Anlage	Härte des Wassers	Mittlere tägliche Leistung laut Vertrag	Mittlere tägliche Leistung in Wirklichkeit	Vorübergehend zu erzielende Höchstleistung pro Tag	Brennstoffverbrauch laut Vertrag	Brennstoffverbrauch in Wirklichkeit	Erzeugt Wasser laut Vertrag	Erzeugt Wasser in Wirklichkeit
1. 1897 erbaut in Baku am Kaspischen Meere als städtische **Trinkwasseranlage,** neunfache Verdampfung, schwungradlose Dampfpumpen und für Masutheizung eingerichtet	289° deutsch gleich 520° französisch	75000 Eimer gleich **922 cbm** gleich 95 cbfd	100000 Eimer gleich **1230 cbm** gleich 127 cbfd	150000 Eimer gleich **1844 cbm** gleich 186 cbfd	11,3 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich 19 kg **Masut pro cbm Wasser**	9,9 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **16,7 kg Masut pro cbm Wasser**	70 Eimer pro Pud Masut gleich **52,5 l pro kg Masut**	80 Eimer pro Pud Masut gleich **60 l pro kg Masut**
2. 1902 erbaut in Bibi-Eibat bei Baku zur Erzeugung von **Kessel-Speisewasser,** vierfache Verdampfung, schwungradlose Dampfpumpen für Masutheizung eingerichtet	224° deutsch gleich 400° französisch	7600 Eimer gleich **93 cbm** gleich 9,6 cbfd	7600 Eimer gleich **93 cbm** gleich 9,6 cbfd	8000 Eimer gleich **97 cbm** gleich 10 cbfd	nicht vereinbart	16,5 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **27 kg Masut pro cbm Wasser**	nicht vereinbart	48 Eimer pro Pud Masut gleich **36 l pro kg Masut**
3. 1902 in Utsch-Adshi an der Mittel-Asiatischen Bahn erbaut zur Erzeugung von **Lokomotiv-Speisewasser,** neunfache Verdampfung, schwundradlose Dampfpumpen, für Masutheizung eingerichtet	69° deutsch gleich 96° französisch	16000 Eimer gleich **194 cbm** gleich 20 cbfd	18200 Eimer gleich **223 cbm** gleich 23 cbfd	22400 Eimer gleich **276,5 cbm** gleich 28,5 cbfd	12 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **20 kg Masut pro cbm Wasser**	8,78 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **14,3 kg Masut pro cbm Wasser**	66 Eimer pro Pud Masut gleich **50 l pro kg Masut**	90 Eimer pro Pud Masut gleich **68 l pro kg Masut**
4. 1903 erbaut in Krasnowodsk am Kaspischen Meere, als städtische **Trinkwasseranlage,** neunfache Verdampfung, stehende Dampfmaschine mit Transmissionspumpen, für Masutheizung eingerichtet	224° deutsch gleich 400° französisch	6000 Eimer gleich **73,75 cbm** gleich 7,6 cbfd	7900 Eimer gleich **97 cbm** gleich 10 cbfd	9730 Eimer gleich **120 cbm** gleich 12,3 cbfd	11,3 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich 19 kg **Masut pro cbm Wasser**	10 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **17 kg Masut pro cbm Wasser**	70 Eimer pro Pud Masut gleich **52,5 l pro kg Masut**	79,93 Eimer pro Pud Masut gleich **60 l pro kg Masut**
5. 1904 in Krasnowodsk am Kaspischen Meere erbaut zur **Trinkwasserversorgung** eines Lazaretts, neunfache Verdampfung, stehende Dampfmaschine mit Transmissionspumpen, für Masutheizung eingerichtet	224° deutsch gleich 400° französisch	6000 Eimer gleich **73,75 cbm** gleich 7,6 cbfd	7500 Eimer gleich **92 cbm** gleich 9,5 cbfd	10000 Eimer gleich **123 cbm** gleich 12,7 cbfd	12 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **20 kg Masut pro cbm Wasser**	10,71 Pud Masut pro cbfd Wasser gleich **17,5 kg Masut pro cbm Wasser**	66 Eimer pro Pud Masut gleich **50 l pro kg Masut**	73,8 Eimer pro Pud Masut gleich **55,4 l pro kg Masut**
6. 1904 erbaut für **Kriegszwecke** in der Mandschurei, als fahrbare Anlage für Trinkwasser, 750 mm Spur, 5fache Verdampfung, Dampfpumpen, für Holz- und Kohlenheizung eingerichtet	–	600 Eimer gleich **7,9 cbm** gleich 0,76 cbfd	820 Eimer gleich **9,7 cbm** gleich 1 cbfd		nicht vereinbart	45 Pud Kohle pro cbfd Wasser gleich **76 kg Kohle pro cbm Wasser**	nicht vereinbart	17,6 Eimer pro Pud Masut gleich **13,2 l pro kg Kohle**
7. 1905 erbaut in Wladiwostok fünf gleiche Anlagen für **Trinkwasserversorgung,** fünffache Verdampfung, schwungradlose Dampfpumpen, für Kohlenheizung eingerichtet	–	600 Eimer gleich **7,4 cbm** gleich 0,76 cbfd	1300 Eimer gleich **16 cbm** gleich 1,65 cbfd	1400 Eimer gleich **17,6 cbm** gleich 1,82 cbfd	nicht vereinbart	44 Pud Kohle pro cbfd Wasser gleich **74,3 kg Kohle pro cbm Wasser**	nicht vereinbart	17 Eimer pro Pud Kohle gleich **12,7 l pro kg Kohle**
8. 1907 im Bau begriffen im Dorfe Marino bei St. Petersburg, **Trinkwasser-Destillieranlage** f. Ishorski-Regiment, fünffache Verdampfung, schwungradlose Dampfpumpen, für Kohlenheizung	–	1000 Eimer gleich **12,3 cbm** gleich 1,26 cbfd						

Bemerkung: Der Brennmaterialverbrauch ist angegeben einschließlich des Verbrauches für die Kesselapparat-Speisepumpe, welche zur Anlage gehört und unter konstanten Bedingungen arbeitet, jedoch ausschließlich der Destillat-Hochdruckpumpe, welche das Destillat in die Hochreservoire abliefert. Wegen der mittleren Leistung wird auf S. 24 verwiesen.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Kondensation.

Ein Lehr- und Handbuch über Kondensation und alle damit zusammenhängenden Fragen, einschließlich der Wasserrückkühlung.

Für Studierende des Maschinenbaues, Ingenieure, Leiter größerer Dampfbetriebe, Chemiker und Zuckertechniker.

Von **F. J. Weiß,**

Zivilingenieur in Basel.

Mit 96 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Verdampfen, Kondensieren und Kühlen.

Erklärungen, Formeln und Tabellen für den praktischen Gebrauch.

Von **E. Hausbrand,**

Oberingenieur der Firma C. Heckmann in Berlin.

Dritte, durchgesehene Auflage.

Mit 21 Textfiguren und 76 Tabellen. — In Leinwand gebunden Preis M. 9,—.

Das Trocknen mit Luft und Dampf.

Erklärungen, Formeln und Tabellen für den praktischen Gebrauch.

Von **E. Hausbrand,**

Kgl. Baurat

Dritte, vermehrte Auflage unter der Presse.

Mit Textfiguren und 3 lithograph. Tafeln. — In Leinwand gebunden Preis ca. M. 5,—.

Das Wasser,

seine Verwendung, Reinigung und Beurteilung

mit besonderer Berücksichtigung der gewerblichen Abwässer und der Flußverunreinigung.

Von **Dr. Ferdinand Fischer,**

Professor an der Universität Göttingen.

Dritte, umgearbeitete Auflage.

Mit Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 12,—.

Die Untersuchung des Wassers.

Ein Leitfaden zum Gebrauch im Laboratorium für Ärzte, Apotheker und Studierende.

Von **Dr. W. Ohlmüller,**

Regierungsrat und Mitglied des Kaiserlichen Gesundheitsamtes.

Zweite, durchgesehene Auflage.

Mit 75 Textfiguren und einer Lichtdrucktafel. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Mikroskopische Wasseranalyse.

Anleitung zur Untersuchung des Wassers mit besonderer Berücksichtigung von Trink- und Abwasser.

Von **Dr. C. Mez,**

Professor an der Universität zu Breslau.

Mit 8 lithograph. Tafeln und Textfiguren. — Preis M. 20,—; in Leinwand gebunden M. 21.60.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Hilfsbuch für den Maschinenbau.

Für Maschinentechniker
sowie für den Unterricht an technischen Lehranstalten.

Von **Fr. Freytag**, Professor,
Lehrer an den technischen Staatslehranstalten in Chemnitz.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.
Mit 1004 Textfiguren und 8 Tafeln.
In Leinwand gebunden Preis M. 10,—; in Ganzleder gebunden M. 12,—.

Hilfsbuch für Dampfmaschinen-Techniker.

Herausgegeben von **Josef Hrabák**,
k. u. k. Hofrat, emer. Professor an der k. k. Bergakademie in Přibram.

Vierte Auflage. In drei Teilen.
Mit Textfiguren. In 3 Leinwandbände gebunden Preis M. 20,—.

Entwerfen u. Berechnen der Dampfmaschinen.

Ein Lehr- und Handbuch für Studierende und angehende Konstrukteure.

Von **Heinrich Dubbel**,
Ingenieur.

Zweite, verbesserte Auflage.
Mit 427 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 10,—.

Die Steuerungen der Dampfmaschinen.

Von **Carl Leist**,
Professor an der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin.

Zweite, sehr vermehrte und umgearbeitete Auflage, zugleich als fünfte Auflage des gleichnamigen Werkes von EMIL BLAHA.
Mit 553 Textfiguren. — In Leinwand gebunden M. 20,—.

Die Dampfkessel.

Ein Lehr- und Handbuch für Studierende Technischer Hochschulen,
Schüler Höherer Maschinenbauschulen und Techniken,
sowie für Ingenieure und Techniker.

Von **F. Tetzner**, Professor,
Oberlehrer an den Königl. vereinigten Maschinenbauschulen zu Dortmund.

Dritte, verbesserte Auflage.
Mit 149 Textfiguren und 38 lithograph. Tafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Anleitung zur Durchführung von Versuchen

an Dampfmaschinen und Dampfkesseln.
Zugleich Hilfsbuch für den Unterricht in Maschinenlaboratorien technischer Schulen.

Von **F. Seufert**, Ingenieur,
Lehrer an der Kgl. höheren Maschinenbauschule zu Stettin.

Mit 36 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 1,60.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Generator-, Kraftgas- und Dampfkessel-Betrieb

in bezug auf Wärmeerzeugung und Wärmeverwendung.

Eine Darstellung der Vorgänge, der Untersuchungs- und Kontrollmethoden bei der Umformung von Brennstoffen für den Generator, Kraftgas- und Dampfkessel-Betrieb.

Von **Paul Fuchs,**
Ingenieur.

Zweite Auflage von **„Die Kontrolle des Dampfkesselbetriebes".**
Mit 42 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 5,—.

Formeln und Tabellen der Wärmetechnik.

Zum Gebrauch bei Versuchen in Dampf-, Gas- und Hüttenbetrieben.

Von **Paul Fuchs,**
Ingenieur.
In Leinwand gebunden Preis M. 2,—.

Technische Untersuchungsmethoden zur Betriebskontrolle,

insbesondere zur Kontrolle des Dampfbetriebes.

Zugleich ein Leitfaden für die Arbeiten in den Maschinenbaulaboratorien technischer Lehranstalten.

Von **Julius Brand,** Ingenieur,
Oberlehrer der Königlichen vereinigten Maschinenbauschulen zu Elberfeld.

Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage.
Mit 301 Textfiguren, 2 lithograph. Tafeln und zahlreichen Tabellen.
In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Technische Messungen,

insbesondere bei Maschinenuntersuchungen.

Zum Gebrauch in Maschinenlaboratorien und für die Praxis.

Von **A. Gramberg,** Diplom-Ingenieur,
Dozent an der Technischen Hochschule in Danzig.
Mit 181 Textfiguren. — In Leinwand gebunden Preis M. 6,—.

Die Hebezeuge.

Theorie und Kritik ausgeführter Konstruktionen mit besonderer Berücksichtigung der
elektrischen Anlagen.
Ein Handbuch für Ingenieure, Techniker und Studierende.

Von **Ad. Ernst,**
Professor des Maschinen-Ingenieurwesens an der Kgl. Techn. Hochschule zu Stuttgart.

Vierte, neubearbeitete Auflage. 3 Bände.
Mit 1486 Textfiguren und 97 lithograph. Tafeln. — In 3 Leinwandbände gebunden Preis M. 60,—.

Elastizität und Festigkeit.

Die für die Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmäßige Grundlage.

Von **Dr.-Ing. C. Bach,**
K. Württ. Baudirektor, Prof. des Maschinen-Ingenieurwesens an der K. Techn. Hochschule Stuttgart.

Fünfte, vermehrte Auflage.
Mit Textfiguren und 20 Tafeln in Lichtdruck. — In Leinwand gebunden Preis M. 18,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

3 0112 077836960

Verlag von Julius Springer in Berlin.

Die Regelung der Kraftmaschinen.

Berechnung und Konstruktion der Schwungräder, des Massenausgleichs und der Kraftmaschinenregler in elementarer Behandlung.

Von **Max Tolle,**
Professor und Maschinenbauschuldirektor.

Mit 372 Textfiguren und 9 Tafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 14,—.

Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren.

Handbuch für Konstrukteure und Erbauer von Gas- und Ölkraftmaschinen.

Von **Hugo Güldner,** Oberingenieur,
Direktor der Güldner-Motoren-Gesellschaft in München.

Zweite, bedeutend erweiterte Auflage.

Mit 800 Textfiguren und 30 Konstruktionstafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 24 —.

Die Dampfturbinen

mit einem Anhang über die Aussichten der Wärmekraftmaschinen und über die Gasturbine.

Von **Dr. A. Stodola,**
Professor am Eidgenössischen Polytechnikum in Zürich.

Dritte, bedeutend erweiterte Auflage.

Mit 434 Figuren und 3 lithograph. Tafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 20,—.

Die Pumpen.

Berechnung und Ausführung der für die Förderung von Flüssigkeiten gebräuchlichen Maschinen.

Von **Konr. Hartmann** und **J. O. Knoke.**

Dritte, neubearbeitete Auflage

von **H. Berg,**
Professor an der Königl. Techn. Hochschule in Stuttgart.

Mit 704 Textfiguren und 14 Tafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 18,—.

Zur Theorie der Zentrifugalpumpen.

Von Dr. techn. **Egon R. v. Grünebaum,**
Ingenieur.

Mit 89 Textfiguren und 3 Tafeln. — Preis M. 3,—.

Zentrifugalpumpen

mit besonderer Berücksichtigung der Schaufelschnitte.

Von Dipl.-Ing. **Fritz Neumann.**

Mit 135 Textfiguren und 7 lithograph. Tafeln. — In Leinwand gebunden Preis M. 8,—.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.